



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

“Efecto de varias dietas sobre el crecimiento poblacional de cladóceros (*Macrothrix triserialis*, *Alona rectangularis* y *Chydorus sphaericus*) y rotíferos (*Platyias quadricornis*, *Lecane quadridentata* y *Brachionus macracanthus*)”.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

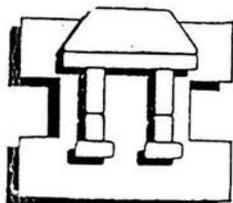
BIÓLOGO

PRESENTA:

CECILIA ENRÍQUEZ GARCÍA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. NANDINI SARMA



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MÉXICO 2002.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



U.N.A.M. CAMPUS

## AGRADECIMIENTOS



Manuela

y

Patricio

*Por haberme dado la vida.*

*Mami: Por haberme enseñado con tu ejemplo a luchar por mis sueños y ha saberme valorar por mi misma.*

*Papá: por haberme enseñado a ser fuerte y ha trabajar día con día por mis metas.*

Cesar

*Maito: Por financiarme, soportarme mis berrinches y cumplirme algunos caprichos, pero también por ser una persona confiable y muy luchadora.*

Alejandro

*Por existir y ser como eres*

*Le agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por creer y confiar en personas como yo, que con la ilusión de poder tener una vida mejor emprenden el viaje hacia el conocimiento.*

*A los maestros que imparten clases en este Campus y al tiempo que me dedicaron.*

*Al laboratorio de Zoología Acuática, así como a cada uno de sus integrantes por haberme ofrecido su amistad y su experiencia.*

*Deseo agradecer de manera muy especial a:*

*A la Dra. Nandini Sarma por haberme aceptado en su grupo de investigación, transmitido sus valiosísimos conocimientos, dirigir este trabajo con total paciencia y disposición y haber depositado su confianza en mi.*

*Al Dr. SSS Sarma por su apoyo académico y profesional, pero sobre todo por haber enriquecido mis conocimientos.*

*A la Dra. Patricia Bonilla por haber aceptado el participar en este trabajo con sus discernimientos y como jurado.*

*A la M en C Guadalupe Oliva Martínez por sus valiosas aportaciones y sugerencias.*

*Al Biólogo Mario A. Fernández Araiza por sus conocimientos y recomendaciones tan atinadas, y por impulsar el desarrollo de este trabajo.*

*A los Angelitos de mi guarda, Alejandra (†) y Ángela (†) por su amor y cariño.*

*Muy en especial a ti Angelina Valadez, Benita, Natalia (†) y Rafael porque con su ejemplo aprendí que en esta vida se puede lograr todo y que ningún impedimento es lo suficientemente grande como para no hacerlo.*

*A toda mi gran familia tan bulliciosa y alegre, pero sobre todo fuerte.*

*Muy en especial a Chicho.*

*A Cristina Camacho por haberme abierto las puertas de su casa y con ello  
brindarme su confianza y amistad.*

*A la D G Rocío Botello por su ayuda y amistad.*

*A Alejandro, Carolina y Alain por su sincera y autentica amistad.*

*HOLA*

*gracias por todo*

*ALEX*

## ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	
Cladóceros	8
Rotíferos	9
OBJETIVOS	14
MATERIALES Y MÉTODOS	
Preparación de los cultivos	16
Crecimiento Somático (longitud y peso)	17
Contenido de Carbón en las dietas	17
DIAGRAMA DE FLUJO	19
RESULTADOS	
Crecimiento Poblacional	20
Crecimiento Somático	22
Contenido de Carbón en las dietas	22
DISCUSIÓN	
Crecimiento Poblacional de Cladóceros	41
Crecimiento Poblacional de Rotíferos	44
Crecimiento Somático	47
Calidad Nutrimental de las Dietas	48
CONCLUSIONES	50
REFERENCIAS	51

## RESUMEN

Los grupos integrantes del zooplancton son muy importantes para el cultivo de especies comerciales como peces y algunos crustáceos; sobretodo porque sus huevos son fijados a las plantas (macrófitas) de la zona litoral y que al eclosionar en larvas; su primer alimento son rotíferos y cladóceros. Por ello este trabajo se realizó con especies propias de la zona litoral como los cladóceros (*Macrothrix triserialis*, *Alona rectangula* y *Chydorus sphaericus*) y los rotíferos (*Platyias quadricornis*, *Lecane quadridentata* y *Brachionus macracanthus*); con el fin de obtener altos crecimientos poblacionales.

A estas especies se les tuvo en medios de cultivo preparados con *Chlorella vulgaris* viva, *Chlorella vulgaris* muerta, levadura *Saccharomyces cerevisiae* (con una concentración de  $1.5 \times 10^6$ ) y detritus (50 ml). Los cultivos se contaron diariamente para ver el crecimiento poblacional y la tasa de crecimiento; además se tomaron 20 individuos de cada especie los cuales se fijaron con formalina al 4% y se determinó la longitud y el peso. Las dietas de *Chlorella vulgaris* muerta y el detritus presentaron características más similares al medio natural de estas especies, por eso sus crecimientos poblacionales y tasas de crecimiento fueron las más altas como en el caso del cladócero *Chydorus sphaericus* con un total de 1000 individuos en 50 ml de medio y una tasa mayor a 0.15 (en el detritus); en el caso de los rotíferos *Lecane quadridentata* presentó más de 2500 individuos en 50 ml de medio con una tasa de 0.20 (en *Chlorella vulgaris* muerta). *Macrothrix triserialis* y *Alona rectangula* presentaron su segundo mejor crecimiento en el detritus, teniendo su crecimiento más alto en *Chlorella vulgaris* viva con cerca de 500 y de 4000 individuos en 50 ml de medio, respectivamente. Podemos concluir que todas las especies tuvieron una afinidad al detritus; debió a que la materia orgánica en descomposición es muy abundante en el hábitat donde se desarrollan. La dieta elaborada con levadura *Saccharomyces cerevisiae* no da muy buenos resultados a pesar de su alto contenido de carbón por ello se sugiere se use como un complemento alimenticio. El mejor crecimiento somático, se obtuvo con las dietas de *Chlorella vulgaris* muerta y el detritus.

## INTRODUCCIÓN

En los cuerpos de agua epicontinentales se encuentra una gran diversidad de organismos, entre ellos está el plancton que son todos aquellos que no cuentan con la capacidad para desplazarse contra la corriente, y se divide en fitoplancton y zooplancton. El fitoplancton son los organismos fotosintetizadores, su tamaño oscila entre 2 y 200 micras, siendo los productores en la trama trófica; entre ellos se encuentran las algas azules, verdes, amarillas y pardas (Hutchinson, 1967). El zooplancton es el componente animal de las aguas dulces, constituido por pequeñas cantidades de protozoos y principalmente por rotíferos, cladóceros y copépodos (Wetzel, 1981). Estos últimos consumidores de fitoplancton, bacterias y detritus orgánico, presentándose especies carnívoras; construyéndose así redes tróficas complicadas, sobretodo cuando ambos grupos son la base alimenticia del necton y algunos macro y micro crustáceos (Margalef, 1983).

Algunos peces y macro-crustáceos son comercialmente importantes para el hombre por ello es necesario conocer el medio en el que se desarrollan, su taxonomía, reproducción, y alimentación para poder cultivarlos masivamente. También por su posición en la trama trófica ya que los cladóceros y rotíferos son parte del alimento que consumen los peces, tanto ornamentales como comestibles, por responden a las necesidades específicas cuando estas reabsorben totalmente su vesícula vitelina (Bernabé, 1991-a) por ello en su estadio larval, cuando tiene un tamaño pequeño de la boca, pueden ser alimentadas con rotíferos y después de dos semanas con cladóceros (Sarma, 2001). Los copépodos también sostienen cultivos de macro-crustáceos como lo son cangrejos, jaibas y camarones (Nandini, 2001).

El rotífero *Brachionus plicatilis* es cultivado en grandes cantidades por contar con un alto contenido de ácidos grasos insaturados esenciales estimulando el proceso digestivo, además funciona como un transportador de antibióticos promoviendo altas tasas de sobrevivencia entre las larvas (Lubzens *et al.*, 1989), ya que en general el zooplancton es utilizado como una vía para introducir los medicamentos al pez, asegurando así, que lo ingieran (Barnabé, 1991-b). Los alimentos empleados en el cultivo de organismos como los ya mencionados, deben satisfacer necesidades nutrimentales de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales (Fernández, 2001). observándose en la actualidad una clara tendencia hacia el

desarrollo tecnológico en la formulación y elaboración de alimentos balanceados que simplifiquen su producción; pero su aplicación en la acuicultura se ve limitada por el desconocimiento que se tiene acerca del requerimiento nutricional específico en muchas especies, resultando todo el proceso muy costoso. Por lo cual es indispensable el alimento vivo (cladóceros y rotíferos), al menos durante la etapa larval y juvenil de peces (Martínez, 2001).

Los cladóceros son crustáceos de la clase Branchiopoda, que comprenden 80 géneros con 450 a 600 especies aproximadamente (Dole *et al.*, 2000); agrupados en los ordenes Ctenopoda, Anomopoda y Onychopoda (Negrea *et al.*, 1999). Son organismos acuáticos, de amplia distribución, que se encuentran desde zonas árticas hasta tropicales y presentan especies resistentes a una salinidad de hasta 5% como *Daphniopsis*; encontrando su mayor abundancia en lagos de agua dulce (Dodson y Frey, 1991). Tienen un tamaño de 0.2 a 3.0 mm de longitud. Su cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen, los dos últimos están cubiertos por un caparazón unibalvo, que puede o no presentar ornamentaciones como setas, espinas o papilas sensoriales; en la mayoría de las especies el caparazón se prolonga hasta la cabeza cubriéndola y está abierto ventralmente, además forma una cámara incubadora en la parte dorsal de las hembras (Rupperts y Barnes, 1996). La cabeza es una estructura compacta que cuenta con un gran ojo compuesto y algunas veces presentan un ocelo; también tiene dos pares de apéndices, el primer par son las anténulas que son pequeñas y su función se desconoce aunque se presume que es un órgano sensorial; el segundo par llamado antenas es largo y generalmente ramificado siendo el principal órgano locomotor. En el tórax se encuentran los cuatro apéndices restantes y su función principal es la de llevar el alimento a la boca, donde las mandíbulas lo trituran pasándolo al intestino donde se lleva a cabo la absorción de nutrimentos. Los desechos son transportados al intestino posterior por medio de movimientos peristálticos para ser expulsados por el ano que se encuentra en la parte terminal del postabdómen (Dodson y Frey, 1991).

Los cladóceros presentan una reproducción tanto sexual como asexual aunque esta última es la que más se presenta, pudiendo ser por partenogénesis obligada o facultativa dependiendo de la especie. Esto se presenta cuando un estímulo ambiental como la desecación, cambios en la temperatura o escasez del alimento, provocan que la hembra se reproduzca partenogénicamente, dando como resultado la eclosión de organismos de

ambos sexos que posteriormente se reproducirán sexualmente dando hembras que producirán asexualmente huevos de resistencia, que pueden durar varios meses de sequía o congelación hasta que se den las condiciones ambientales para su eclosión, generalmente todos estos huevos dan origen a hembras partenogénicas. Los machos suelen ser morfológicamente iguales a las hembras pero de menor tamaño y con un órgano cópulatorio que le sirve para sujetar a la hembra del primer par de apéndices torácicos (Dodson y Frey, 1991).

Los cladóceros se alimentan de algas de 1 a 25  $\mu\text{m}$ , bacterias de 1  $\mu\text{m}$  y rotíferos hasta de 50  $\mu\text{m}$ , larvas nauplio de copépodos de hasta 100  $\mu\text{m}$ , rechazando algas mayores de 50  $\mu\text{m}$ , y aquellas que aunque estén dentro del rango sean coloniales o presenten espinas (Dodson y Frey, *op. cit.*).

Competidores importantes de los cladóceros son los integrantes del Phylum Rotifera, del que se han descrito 2000 especies aproximadamente comprendidas en los ordenes Seisonidea, Collothecacea, Flosculariacea y Plomida (Nogrady *et al.*, 1993), son organismos eutélicos, solitarios o coloniales; pueden ser nadadores o sesiles; presentan ciclomorfosis y criptobiosis (Pennak, 1989). Comúnmente son transparentes, aunque algunos toman coloraciones de acuerdo al contenido del aparato digestivo, su cuerpo es alargado cilíndrico y mide de 0.1 a 1.0 mm. Se caracterizan por tener una corona ciliada que sirve al desplazamiento y para llevar el alimento hacia la boca por medio de una pequeña faringe altamente muscular que contiene al mástax, el cual esta compuesto por un grupo de mandíbulas de carbonato de calcio llamadas trofi las cuales le sirven para triturar el alimento, el cual va a pasar por el estómago y el intestino desembocando en el ano que se encuentra en posición dorsal (Ruppert y Barnes, 1996). Los rotíferos generalmente se reproducen por partenogénesis, aunque en algunas ocasiones al presentarse condiciones adversas en el medio, se producen huevos micticos (n), los cuales si no son fecundados darán lugar a machos, pero si son fecundados originaran huevos de resistencia (Ruppert y Barnes, *op. cit.*) que no eclosionaran hasta que los factores ambientales como la temperatura y la desecación, así como la disponibilidad de alimento vuelvan a la normalidad (Wetzel, 1981).

La mayoría de los miembros de este Phylum, aunque cuentan con representantes marinos, habitan en aguas dulces (Rupperts y Barnes, 1996), donde cubren el nicho ecológico de los pequeños filtradores, ya que se alimentan de materia orgánica de unas pocas micras hasta grandes diatomeas y euglenas, aunque hay especies depredadoras que se alimentan de algas verdes móviles, protozoarios y de rotíferos incluso de la misma especie (Margalef, 1983).

Los cladóceros y rotíferos comparten tanto el hábitat como el nicho ecológico, e incluso suelen alimentarse de las mismas especies de algas, y ser depredados por los mismos invertebrados y peces (Pennak, 1989; Nogrady *et al.*, 1993). Ambos taxa tienen una gran abundancia y diversidad, por lo que tienen una influencia directa en la densidad de las poblaciones de algas y de algunos peces depredadores, afectando incluso a consumidores terciarios (Dodson y Frey, *op. cit.*).

Las especies de estos grupos se encuentran distribuidas a través del cuerpo de agua, teniendo así especies propias de la zona bentónica, pelágica y litoral. Las de la zona bentónica son organismos que están en el fondo del lago asociados al lodo, las de la zona pelágica están distribuidos en la columna de agua y las de la zona litoral presentan una fuerte asociación a la vegetación sumergida, subemergente, y emergente (macrófitas), encontrada entre los límites de la columna de agua y la tierra (Margalef, 1983).

La comunidad litoral contribuye más en la productividad de un lago, por encima de las especies pelágicas, al ser la primera en reciclar la materia orgánica que va descendiendo en la columna de agua (Dodson y Frey, 1991.); se tienen diversos estudios de registros de cladóceros, como los realizados en 54 lagos pequeños de Wisconsin E. U. A. y en el Delta Marsh de Canadá, donde se reportaron 28 especies de cladóceros donde 8 eran pelágicos y 20 eran litorales (Schell, *et al.* 2001; Hann y Zrum, 1997); en reservorios del estado de Aguascalientes el registro fue de 18 pelágicas y 13 litorales (Dodson y Silva-Briano, 1996); para cuerpos de agua del sureste de México el número de especies litorales fue de 10 pelágicas y 25 litorales (Elías *et al.* 2001).

En cuanto a los rotíferos se tienen los estudios realizados en pequeños reservorios de Florida E. U. A. donde se encontraron 18 especies pelágicas y 89 litorales (Turner y Taylor, 1998); en cuerpos de agua del centro de México se encontraron 14 especies pelágicas y 96

litorales (Sarma y Elias, 1999). En un listado para México se obtuvo un registro de 283 especies, de las cuales 174 son propiamente litorales (Sarma, 1999). Sin embargo la mayoría de los investigadores pone más atención a las especies pelágicas (Nogrady *et al.*, 1993). Los trabajos realizados con dietas, en su mayoría se enfocan al estudio de especies habitantes de la zona pelágica (Peters y De Bernardi, 1987), siendo las especies que habitan la zona litoral de los cuerpos de agua de mayor importancia por estar asociados a las macrófitas, las cuales no solo les dan protección a cladóceros y rotíferos litorales sino también a las larvas de peces, las cuales se alimentan básicamente de este tipo de zooplancton (Dodson y Frey, 1991).

En laboratorio, se han planteado varios tipos de dietas que cumplan con el requerimiento nutrimental y por consecuencia el rápido y alto crecimiento de las poblaciones de cladóceros y rotíferos pelágicos; como al utilizar el alga *Chlorella vulgaris* muerta por agua caliente en *Brachionus patulus* y *Brachionus calyciflorus* (Pavón, 2001); se comparó el crecimiento de *Daphnia pulex*, *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia* con *Chlorella vulgaris* (Alva *et al.*, 2001); en especies litorales como *Macrothrix triserialis* y *Alona rectangula* se comparó su crecimiento con diferentes concentraciones del alga *Chlorella vulgaris* (Muro y Nandini, 2001); también se han utilizado desechos de la industria de la masa y la tortilla (aguas de nixtamal o nejayote), para el cultivo de rotíferos como *Brachionus calyciflorus* (Arévalo, *et al.*, 1998); se utilizó agua residual para el crecimiento de especies como *Alona rectangula*, *Ceriodaphnia dubia*, *Moina macrocopa* y *Daphnia pulex* (Aguilera, 2001); también se ha utilizado el alga *Chlorella vulgaris* y *Saccharomyces cerevisiae* solas y mezcladas en proporciones iguales en *Brachionus patulus* y *Brachionus calyciflorus* (Sarma, *et al.*, 2001-a); la levadura *Saccharomyces cerevisiae* para el cultivo del género *Brachionus* (Rodríguez *et al.*, 1996); el de un detritus preparado en base a excremento de caballo para *Daphnia* (Peters y De Bernardi, 1987); o el detritus preparado con cianobacterias para *Daphnia galeata* (Gulati, *et al.*, 2001).

En el presente trabajo se buscó optimizar el cultivo de cladóceros y rotíferos experimentando con el alga *Chlorella vulgaris* viva y muerta, porque presentan requerimientos nutrimentales mucho más altos que algunas algas marinas en cuestión de proteínas, carbohidratos y lípidos, nula toxicidad, fácil captura y bajos costos de producción (Vega, 1996); además de presentar un rápido crecimiento en su cultivo, esta alga juega un

papel muy importante junto con las bacterias en el balance de oxígeno y dióxido de carbono en cultivos de zooplancton (Borowitzka y Borowitzka, 1998). Hirata en 1979 alimento con *Chlorella* a *Brachionus plicatilis*, en un sistema cerrado adicionando solamente agua mineralizada, provocando la descomposición de la materia orgánica y enriqueciendo el cultivo de *Chlorella* (Borowitzka y Borowitzka, 1998).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae*, se utilizó como una dieta alternativa para rotíferos en Japón por Hirata y Mori en 1967, a la técnica de cultivo de algas como *Chlorella saccharophila* que es muy impráctica; pensando así en la resolución de la producción de rotíferos, al obtenerse densidades de hasta 100 individuos en 1ml (en Torrentera, 1983). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* puede ser cultivada fácilmente en gran escala, presentando diversas maneras para obtener la cepa, (Arima *et al.*, 1957), la cual se puede conseguir del medio a partir de hojas, frutos, granos, raíces, hongos carnosos (Cook, 1958).

La fuerte asociación que hay entre las especies litorales con las macrófitas (Wetzel, 1981) da pie para poder utilizar al detritus como una dieta, ya que en el medio natural se encuentra en grandes cantidades, y al tener un tamaño pequeño puede ser filtrada e ingerida (Lampert y Sommer, 1997). Las macrófitas son altas productoras de materia orgánica que se va descomponiendo con el transcurso del tiempo, dicha materia está compuesta por raíces, tallos, hojas, flores e incluso animales muertos los cuales contienen nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y carbono encontrándose este último en grandes proporciones (Wetzel, 1981). Es muy importante la presencia del carbono en cualquier dieta, ya que constituye la mayor parte de materia en los organismos (Margalef, 1983).

Los cladoceros especialmente *Macrothrix triserialis* (Brady, 1886), *Alona rectangula* (Sars, 1862), *Chydorus sphaericus* Müller, 1776 y los rotíferos *Platyias quadricornis*, *Lecane quadridentata* (Ehrenberg, 1832) y *Brachionus macracanthus* (Daday, 1905), presentan una fuerte asociación con las macrófitas, por encontrar en ellas materia orgánica en descomposición, algas y bacterias; obteniendo así los nutrientes esenciales para su desarrollo. También obtienen protección contra depredadores como macro-crustáceos, larvas de insectos y peces (Smirnov, 1974, 1992; Pejler y Berzins, 1989; Elías, *et al.*, 1997; Duggan *et al.*, 1998; Duggan, 2001).

## ANTECEDENTES

### Cladóceros

Debido a su importancia los cladóceros han sido muy estudiados sobretodo en cuestiones de distribución tanto en los cuerpos de agua continentales como en la columna de agua, tal es el caso del Lago La Cruz en España, donde Mezquita y Miracle en 1997, vieron la distribución espacial de Chydoridae, fósiles los cuales abundan más a una profundidad de 65 cm, en particular *Alona rectangularis* alcanzaba su mayor abundancia entre los 90 y 110 cm de profundidad. Frey (1988) y Sarmaja (2001) presentaron respectivamente en sus trabajos una diferenciación de zonas con respecto a la presencia de especies fósiles del Holoceno, observando en la zona litoral a la Familia Chydoridae. Chydoridae es un taxón que habita la zona litoral de los lagos presentando una gran diversidad, son numéricamente abundantes y significativamente productivos en el litoral de los lagos por su asociación a las macrófitas (Keen, 1976). Whiteside y colaboradores presentaron en 1978 un estudio con chydoridos donde las especies como *Chydorus piger*, *Leydigia leydigi*, *Alona quadrangularis*, *Pleuroxus aduncus* y *Alona circumfibrata* viven en el lodo del litoral, mientras *Krusia latissima*, *Camptoceros rectirostris* y *Chydorus faviformis* están asociados a la vegetación (*Chara*) de la zona litoral del lago Itasca, Minnesota E. U. A. Williams en 1982 colectó 24 especies del genero *Chydorus* de las cuales 15 fueron abundantes, encontrando limitado su crecimiento durante periodos donde el Lago Itasca en Minnesota, E. U. A se cubre de hielo impidiendo el paso de la luz, que por consecuencia baja la producción primaria; en primavera se ven distribuidos en parches donde hay camas de *Chara* (macrófita), aunque los mayores niveles se encuentran en otoño. Paterson en 1993 observó en el lago Jack en Nova Scotia, Canadá un alto número de cladóceros en particular los asociados a macrófitas de la zona litoral del lago, sugiriendo que deben recibir una gran atención en estudios futuros de biomasa, y producción. Tremel y colaboradores en 2000 observaron en el lago Plastic de Ontario, Canadá que la Familia Chydoridae presentó una correlación positiva entre la biomasa de macrófitas litorales y su abundancia; siendo

importantes contribuidores en la producción secundaria de pequeños lagos, constituyendo una reserva de alimento para peces y macro-invertebrados.

Para México hay pocos registros sobre cladóceros, destacando el trabajo realizado por Ciros y Elías en 1996 con las familias: Daphnidae, Moinidae, Macrothricidae y Chydoridae colectadas en varios embalses, estanques y charcos de México con 9 especies. En ese mismo año se registró *Macrothrix mexicanus* sp. nov. como una nueva especie para el Centro de México en la zona de transición del neártico y neotropical (Ciros, *et al.*, 1996). Dodson y Silva tuvieron la presencia de los géneros *Alona* y *Chydorus* en 6 reservorios del estado de Aguascalientes. Ciros y Elías en 1997 presentan una nueva especie *Macrothrix smirnov* descrita para pequeños reservorios de la zona transicional neártica y neotropical. Elías y colaboradores en 1997 ampliaron la lista de cladóceros litorales que de 22 aumento a 48 especies, de las cuales 22 son de las Familias Chydoridae, Macrothricidae y Ilyocryptidae, en la provincia neovolcánica de México.

## **Rotíferos**

Los rotíferos al ser competidores de los cladóceros y compartir el mismo lugar en la trama trófica tienen una gran importancia. Pejler y Berzins en 1989 se basaron en un listado de 28 rotíferos de la Familia Branchonidae observando una preferencia de estas especies por el sustrato de la zona litoral. Shiel y colaboradores en 1998 examinaron 112 terrenos aluviales de temporal donde a pesar de haber encontrado una baja diversidad de especies debido a la depredación, los rotíferos presentaron una mayor diversidad por arriba de los copépodos. Turner y Taylor en 1998 presentaron un listado de 96 nuevas especies de rotíferos para 30 sitios en el sur y sureste de Florida, distribuidas entre la zonas pelágica, litoral y bentónica; esta adaptación a diferentes medios se da por la disposición del alimento en cada una de las zonas. Duggan y colaboradores en 1998 estudiaron en el Lago Rotomanuka en Nueva Zelanda las dinámicas temporales y espaciales de rotíferos propios de la zona litoral, tomando como referencia la distribución de macrófitas, resultando que ésta es muy importante debido a que las especies presentan diferencias en sus estructuras físicas, en este trabajo se encontraron 58 especies en esta zona, rebasando por mucho lo anteriormente

registrado en colectas de la zona limnética. Havens en 1991 estudió el zooplancton pelágico y litoral en el lago Triagle, E.U.A., observando que tanto la riqueza de especies como su biomasa fue marcadamente más alta para los organismos litorales. Cottenie y colaboradores en 2001 observaron la estructura del zooplancton en 33 estanques interconectados los cuales presentaron en los estanques de aguas claras cladóceros litorales y en los estanques con turbidez una abundancia alta de rotíferos y copépodos litorales. Para el 2001, Duggan propone que los rotíferos del perifiton tienen una asociación con las macrófitas tanto de manera espacial como temporal en su estructura; esto da como resultado que estas comunidades sean, en el caso de los lagos, más diversas en la zona litoral que en la limnética; al contrario de lo que pasa en los ríos donde no hay una diferencia apreciable.

Vilaclara y Sládecek en 1989 recorrieron varios cuerpos de agua en los alrededores de la Ciudad de México encontrando representada la zona litoral con 14 especies, de un total de 35. Sarma y colaboradores en 1996, presentaron un listado de especies encontradas en los Lagos el Sol y la Luna del cráter del Nevado de Toluca en México con un total de 35 especies de las cuales 18 fueron pelágicas y 17 litorales. Sarma y Elías en el año de 1998 elaboraron un listado que comprende 78 especies propias de pequeños estanques en el Estado de México; presentando 47 especies pelágicas y 33 especies litorales. Sarma (1999) reporta 283 taxa de rotíferos entre las que se encuentran *Platyias quadricornis* y *Lecane quadridentata*.

### **Alimentación**

La comunidad de zooplancton formada por rotíferos, cladóceros y copépodos van a presentar diferentes formas de alimentación dependiendo de la disposición de éstos, pero también del medio en el que se encuentren como en el Lago Vechten en Netherlands, donde las especies con mecanismos de alimentación detritívora, rascadores de perifiton y predominantemente omnívoros, presentaron una fuerte asociación a las macrófitas; aunque los filtradores forman una parte significativa de la biomasa en la comunidad (Dvorak y Best, 1982). Sollberger y Paulson en 1992 trabajaron en el lago Mead en Nevada Arizona E.U.A y encontraron que el zooplancton colectado de la zona litoral no excedía el 2% del

total, debido a la ausencia de macrófitas. Lienesch y Matthews en el 2000 vieron en el litoral del Lago Texoma en Oklahoma E. U. A., que la abundancia del zooplancton junto con la de peces está relacionada con las turbulencias, haciendo de la zona litoral (por las macrófitas) un lugar seguro contra las corrientes, funcionando como un refugio donde además los peces encuentran alimento.

Allen, 1976 determinó que el zooplancton es un elemento clave de los cuerpos de agua dulce, al tener un gran potencial en el incremento de sus poblaciones; sobretodo en los rotíferos y cladóceros que combinan la partenogénesis con la reproducción sexual; la cual se ve afectada cuando no hay suficiente alimento para que los organismos alcancen el tamaño adecuado (Duncan, 1989); por lo anterior las dietas para el zooplancton deben tener diversos arreglos de organismos como bacterias, flagelados y colonias de cianobacterias; por presentar concentraciones específicas de nutrimentos, y por la habilidad del zooplancton para asimilarlos (Stutzman, 1995). En este sentido se ha utilizado el alga *Senedemus acutus* seca, para poderla conservar por más tiempo y utilizarla como alimento para el crecimiento del zooplancton (Dobberfuhl y Elser, 1999). Wehr y colaboradores en 1998, examinaron que el carbono en un medio donde hay una interacción entre el agua y tierra se encuentra abundantemente en las macrófitas, e incrementándose con la presencia de cianobacterias, lo que aumenta las poblaciones de rotíferos, cladóceros y copépodos. James y colaboradores en el 2000, realizaron un estudio en la zona litoral del Lago Coleridge (lago oligotrófico); donde vieron que solo las macrófitas contribuyen a la circulación del carbón, al descomponerse, y que las algas epifitas son la mejor fuente de carbono para microcrustáceos.

### **Alimentación de Cladóceros**

Peters y De Bernardi propusieron en 1987 que *Daphnia* se puede cultivar exitosamente de dos maneras, proporcionándole detritus (trigo integral fermentado, hígado picado y hojas de lechuga hervidas), o de manera autótrofa con una adecuada aireación, espacio y un acuario bien iluminado. Gliwicz en 1990 presentó un experimento elaborado con ocho especies de la Familia Daphnidae al aplicarles alga *Senedemus acutus* y observar la velocidad del crecimiento del cuerpo de estos organismos, así como su contenido de carbón,

presentándose éste con valores bajos en las especies *Ceriodaphnia reticulata*, *Daphnia cucullata* y *Daphnia ambigua*. En 1995 Frey, hizo un estudio donde determinó que los chidoriidos tienen un alto consumo de algas litorales, detritus y bacterias. Michels y De Meester (1998), realizaron un trabajo con *Daphnia magna* al alimentarlas con *Senedesmus acutus* y levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Nandini en el 2000 aplicó a los cladóceros *Simocephalus vetulus*, *Daphnia carinata*, *Moina macrocopa*, *Ceriodaphnia cornuta* dietas con *Microcystis aeruginosa* comparándolas con el control de alga *Chlorella vulgaris*. En el mismo año Nandini y Sarma presentan las tablas de vida de los cladóceros *Ceriodaphnia cornuta*, *Moina macrocopa* (especies pelágicas), *Pleuroxus aduncus* y *Simocephalus vetulus* (especies litorales), que al alimentarlas con tres diferentes concentraciones del alga *Chlorella vulgaris*, tuvieron todas una velocidad de crecimiento poblacional muy alta a diferentes concentraciones. Eyto e Irvine en el 2001 observaron la respuesta de tres especies de chidoriidos (*Chydorus sphaericus*, *Alona affinis* y *Alonopsis elongata*), al tipo de alimento como el alga *Chlamydomonas reinhardi* y el detritus; elaborado con restos sólidos de organismos centrifugados y agua de un pequeño cuerpo de agua; filtrada con una malla de 30 µm.

### **Alimentación de Rotíferos**

Los rotíferos se empezaron a cultivar en el laboratorio desde que Pennak en 1953 describe algunos medios elaborados con leche para poder mantenerlos vivos y poder estudiar su biología. Hirayama y colaboradores en 1989 realizaron cultivos de *Brachionus plicatilis* con *Chlorella vulgaris* de agua dulce, y observando un crecimiento ligeramente bajo, ya que su valor nutricional resulta casi similar al de la *Chlorella* marina; y si se administra concentrada puede funcionar como un suplemento alimenticio en especie marinas. Saunders en 1998 observó diferencias en poblaciones de rotíferos litorales y sub-litorales asociados a las macrófitas en una laguna marina del sureste de Inglaterra, relacionadas con el tipo de algas que les servían de alimento. Korstad y colaboradores en 1989 realizaron un estudio detallado con *Brachionus plicatilis*, dándole como alimento diferentes mezclas de las algas *Isochysis galbana*, *Tetraselmis* sp. y *Nannochloris atomus*. Hofmann y Höfle, 1993 hicieron una la adición masiva de nutrimentos a las poblaciones de bacterias,

protozoos y algas, dando como resultado el aumento de nacimientos de las especies *Keratella cochlearis* y *Keratella quadrata*. En especies pelágicas depredadoras se ha evaluado el nivel en la trama trófica así como su consumo por bacterias, flagelados y ciliados (Arndt, 1993). En 1997 Ooms-Wilms, trabajo con los rotíferos *Brachionus angularis*, *Filina longiseta* y *Pompholyx sulcata*, los cuales son filtradores de pequeñas bacterias lo que no es del todo conveniente al principio debido a que las poblaciones no crecen rápidamente. Pérez y Rico en 1998 presentaron una tabla de vida de las especie litorales *Lecane luna* y *Lecane quadridentata* expuestas a tres diferentes temperaturas y con dos concentraciones de alimento del alga *Nannochloris oculata*.

## OBJETIVO GENERAL

Comparar el crecimiento poblacional de los cladóceros *Macrothrix triserialis*, *Alona rectangula* y *Chydorus sphaericus*, y los rotíferos *Platyias quadricornis*, *Lecane quadridentata* y *Brachionus macracanthus*; bajo diferentes dietas: alga *Chlorella vulgaris* viva, alga *Chlorella vulgaris* muerta por agua caliente, levadura *Saccharomyces cerevisiae* y detritus.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ♣ Determinar la tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ), la densidad máxima y el día de densidad máxima para comparar el crecimiento poblacional de cladóceros y rotíferos.
- ♣ Mediante las medidas de longitud tomadas a los rotíferos, comparar el tamaño del cuerpo de las tres especies experimentales.
- ♣ Relacionar la longitud y el peso obtenidos de los cladóceros y comparar el tamaño del cuerpo de las tres especies.
- ♣ Comparar la calidad de las dietas mediante el contenido de carbón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se seleccionaron especies que tuvieran como nicho ecológico la zona litoral. Por lo que se utilizaron las cepas de los cladóceros *Macrothrix triserialis* colectado en el estado de Veracruz, *Alona rectangularis* del Lago de Chapultepec de la Ciudad de México, *Chydorus sphaericus* del estado de Puebla, y los rotíferos *Platyias quadricornis* del estado de Veracruz, y *Lecane quadridentata* y *Brachionus macracanthus* del estado de Morelia; que se encontraban en cultivos por separado en el laboratorio.

### Elaboración de Dietas

Se utilizó la cepa del alga *Chlorella vulgaris*, aislada del aire (Vega, 1996) con registro CL-V-3 en el CICESE, Ensenada, la cual se mantuvo en cultivo con el medio Bold Basal (Borowitzka y Borowitzka, 1988), con pH 7.5 y enriquecido con  $\text{NaHCO}_3$  (Sarma, 1996). Los cultivos se realizaron en botellas de 2 litros y se mantuvieron a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , con aireación constante y luz difusa en forma continua; su concentración inicial estuvo entre 0.5 y  $1.0 \times 10^6$  cels  $\text{ml}^{-1}$  (Larios, 1999), dejándolas crecer hasta la fase exponencial aproximadamente de  $25 \times 10^6$  cels  $\text{ml}^{-1}$  que se alcanzó entre los 7 y 10 días. Posteriormente se les retiró la aireación y se mantuvieron en refrigeración durante cuatro días para permitir la sedimentación de las células, después de este tiempo se decantaron. El alga cosechada se puede tener en refrigeración ( $3 \pm 1^\circ\text{C}$ ) hasta por 14 días.

El conteo del alga se llevó a cabo con una cámara de Neubauer y un microscopio óptico (marca Nikon); las diluciones para obtener la concentración de  $1.5 \times 10^6$  cels  $\text{ml}^{-1}$ , se realizaron con el medio de agua dulce sintético de dureza moderada (EPA: 0.095g de  $\text{NaHCO}_3$ , 0.06g  $\text{K}_2\text{CASO}_4$ , 0.06g  $\text{MgSO}_4$  y 0.0002g de KCL para 1L), con pH de 7.5 (Anónimo, 1985).

El alga *Chlorella vulgaris* viva se utilizó, directamente de las diluciones; pero el alga *Chlorella vulgaris* muerta se preparó tomando el alga viva necesaria y vertiéndola en un recipiente con medio EPA a punto de ebullición, se esperaron 5 minutos para garantizar la

muerte del alga, y por último se elaboraron las diluciones necesarias para obtener la concentración de  $1.5 \times 10^6$  cels  $\text{ml}^{-1}$  (Pavón, 2000).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* se mantuvo seca y en refrigeración durante todo el experimento, preparándose lo necesario diariamente en medio EPA (Anónimo, 1985), contando las células en la cámara Neubauer con un microscopio óptico (marca Nikon) y llevándose a cabo las diluciones necesarias para obtener la concentración de  $1.5 \times 10^6$  cels  $\text{ml}^{-1}$ .

Para la obtención del detritus se buscó un lugar que presentara macrófitas en la zona litoral, encontrándose el Vaso Regulador Carretas ubicado al norte de la Ciudad de México ( $19^{\circ} 30' 9''$  latitud N y  $99^{\circ}$  longitud W, a una altura de 2240m s. n. m., (Bastida, 2000); el cual cumplía con esta característica. El agua obtenida se filtró con una malla de  $50 \mu\text{m}$  para evitar el paso de cladóceros y rotíferos así como de otros organismos que contaminaran los cultivos; esta agua se mantuvo en refrigeración constante hasta su uso. Cabe mencionar que el agua se colectaba cada semana, para evitar el crecimiento de organismos no deseados.

### **Preparación de los cultivos**

Se utilizaron vasos de plástico transparentes con una capacidad mayor a 50 ml en los cuales se colocaron 50 ml de cada dieta preparada, manteniéndose los cultivos por triplicado. Para asegurar el crecimiento se pusieron en cada recipiente 20 cladóceros y en los rotíferos 50, ambos de diferentes edades provenientes de una población de crecimiento exponencial, este proceso se realizó para cada especie. Los individuos de cada vaso se contaron diariamente, eliminando el alga no ingerida, cambiando los cultivos tanto de vaso como de medio EPA para mantener constante la concentración del alimento y evitar la contaminación por otros organismos; para ello se utilizaron mallas, en el caso de los cladóceros *Macrothrix triserialis* y *Alona rectangula* con un tamaño de  $200 \mu\text{m}$  y para *Chydorus sphaericus* una de  $130 \mu\text{m}$ ; para los rotíferos se utilizó una malla de  $50 \mu\text{m}$ , evitando así, perder organismos y tener errores en el conteo. Los conteos se realizaron con un microscopio estereoscópico (marca Nikon), con ayuda de una cámara para zooplancton y pipetas Pasteur. Cuando las poblaciones no fueron tan grandes se realizaron conteos totales, pero si crecían se cuantificaban tres alícuotas de 0.5 ml.

Para determinar el crecimiento poblacional se elaboraron las curvas de densidad poblacional total y se calculó la tasa de crecimiento poblacional ( $r$ ), usando una ecuación de crecimiento exponencial:

$$r = (\ln N_t - \ln N_o) / t$$

Donde:  $N_o$  = densidad poblacional inicial,  $N_t$  = densidad poblacional al tiempo  $t$ ,  $t$  = tiempo en días, (Krebs, 1985). También se determinó la densidad máxima (D. m.) y el día de densidad máxima (D. D. m.). Se utilizó el programa de computo SIGMA PLOT (versión 5).

Se elaboró un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para cuantificar la diferencia de los tratamientos (Sokal y Rohlf, 1979), tanto en  $r$ , D. m. como en D. D. m.

### **Crecimiento Somático (longitud y peso)**

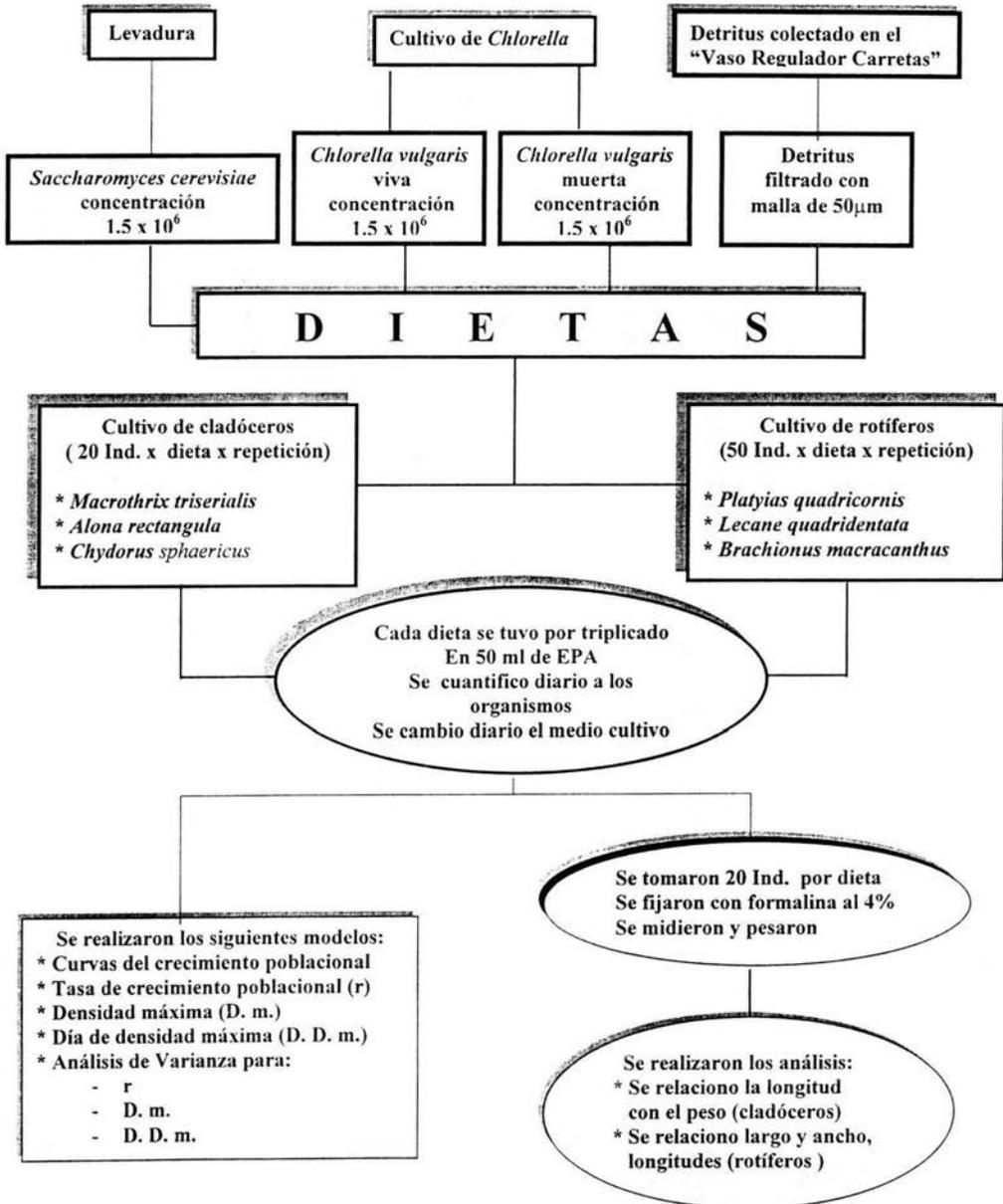
Cuando las poblaciones de cada una de las especies experimentales empezó a decrecer, se tomaron 20 organismos, los cuales se fijaron con formalina al 4%. Posteriormente se tomaron las longitudes de lo largo y lo ancho del cuerpo de los organismos con la cámara lúcida y un microscopio óptico (marca Nikon) con un enfoque de 7, ocular de  $10\times$  y un objetivo de  $10\times$ . Solo se tomó el peso de los cladóceros por ser organismos más grandes que los rotíferos, necesitando muchos individuos debido a la sensibilidad de la microbalanza (CAHN C-33) dada en miligramos. Se relacionaron los promedios de la longitud (largo) y el peso de los cladóceros por medio de un análisis de regresión lineal; empleándose el programa de computo SIGMA PLOT (versión 5). Con los rotíferos se obtuvieron los promedios de las longitudes y se elaboró una tabla comparativa de las dietas a partir del tamaño del cuerpo.

### **Contenido de Carbón en las dietas.**

Para la determinación del contenido de carbón en la dieta del detritus se filtraron 20 L de agua del Vaso Regulador Carretas con una malla de  $50\mu\text{m}$ , lo retenido por la malla se desechó y el agua se mantuvo en refrigeración hasta que se sedimentó, después se decantó y

se tomó el sedimento concentrándolo en cajas de Petri y se metieron en una estufa de cultivo a 40° C hasta que el líquido se evaporó, se junto el sedimento ya deshidratado y se llevo la muestra a la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación (USAI) de Facultad de Química en la UNAM. para ser analizado con el método CHNS (Carbón, Hidrógeno, Nitrógeno y Sulfuro). Los datos obtenidos se compararon con el contenido de carbón del alga *Chlorella vulgaris* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*; encontrados en la literatura.

## DIAGRAMA DE FLUJO



## RESULTADOS

### Crecimiento Poblacional de Cladóceros:

El crecimiento poblacional para los cladóceros en la especie *Macrothrix triserialis* presentó en *Chlorella vulgaris* viva, el crecimiento poblacional más alto, con 475 individuos en 50 ml, siendo 5 veces más alta su población que la obtenida en la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que presentó 85 individuos en 50 ml (Fig. 1). Para *Alona rectangula* se presentó el crecimiento más alto con 3599 individuos en 50 ml de la dieta con *Chlorella vulgaris* viva mientras en la levadura *S. cerevisiae* fue 4 veces menor su población (Fig. 2); la especie *Chydorus sphaericus* presentó en el detritus una población 22 veces más alta a la obtenida en *S. cerevisiae* que presentó 41 individuos en 50 ml (Fig. 3).

### Crecimiento Poblacional de Rotíferos:

En los rotíferos la especie *Platyias quadricornis* obtuvo su crecimiento más alto con 201 individuos en el detritus, siendo 4 veces más alto que en *S. cerevisiae* con 41 organismos en 50 ml (Fig. 4). Mientras en *Lecane quadridentata* se presentó en *C. vulgaris* muerta con 2616 individuos en 50 ml casi 8 veces más alta a la observada en el detritus (Fig. 5). En *Brachionus macracanthus* se presentó el crecimiento más alto en *C. vulgaris* muerta con 1611 individuos en 50 ml estando 19 veces por arriba de la levadura *S. cerevisiae* que fue la dieta con menor crecimiento poblacional (Fig. 6).

### *Macrothrix triserialis* :

En el día 35 presentó su primera densidad máxima en la dieta con detritus, mientras en *C. vulgaris* muerta fue hasta el día 49 con una densidad máxima de 479 individuos, la más baja estuvo en *S. cerevisiae* (Figs. 8 y 7). La tasa de crecimiento más elevada con 0.11 se dio en el detritus; presentándose en la densidad máxima y la tasa de crecimiento, una diferencia altamente significativa entre las dietas (Figs. 9 y 13).

### *Alona rectangula* :

La densidad máxima alcanzada fue de 3599 individuos en 50 ml, para *C. vulgaris* viva con una  $r$  de  $0.20 \pm 3.62 \times 10^3$ , pero el primer día con mayor densidad fue el 17 para *S. cerevisiae* con la densidad más baja de 805 individuos en 50 ml. El detritus obtuvo hasta el

día 30 su primera densidad máxima, con una tasa de crecimiento de 0.13. Todos los parámetros tuvieron diferencias significativas entre las dietas como se ve en la ANOVA ( $p < 0.001$ ), (Tabla 1).

***Chydorus sphaericus* :**

El detritus presentó una densidad máxima de 1088 individuos con una tasa de 0.53, y su primera densidad alta al día 26, observándose para *S. cerevisiae* una densidad baja de 44 con una  $r$  de 0.02, siendo la tasa de crecimiento de *C. vulgaris* muerta más alta con 0.13 (Fig. 7,9 y 8). Tanto densidad y el día de densidad máxima tuvieron diferencias altamente significativas en la ANOVA ( $p < 0.001$ ) entre las dietas (Tabla 1).

***Platytias quadricornis* :**

Como se muestra en la figura 10 el detritus presentó la densidad máxima con 201 individuos y una  $r$  de 0.09 (Fig. 12). A pesar de haber presentado la levadura *S. cerevisiae* la densidad más baja con un tasa de 0.02, obtuvo su primer densidad máxima al segundo día (Fig. 10, 12 y 11), estando por arriba de ella en densidad máxima *C. vulgaris* muerta y en la tasa *C. vulgaris* viva. Se presento diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) entre las dietas con la densidad máxima (Tabla 2).

***Lecane quadridentata*:**

*C. vulgaris* muerta presentó una densidad máxima de 2516 individuos con una tasa de 0.19; el detritus tuvo la densidad más baja con 377 y una  $r$  de 0.08 (Fig. 10 y 12), sin embargo el día 16 alcanzó su primera densidad máxima mientras la levadura la tuvo el día 20 (Fig. 11). La densidad máxima y la tasa de crecimiento se diferenciaron significativamente ( $p < 0.01$ ) entre las dietas, pero los días de densidad máxima no (Tabla 2).

***Brachionus macracanthus* :**

*C. vulgaris* muerta obtuvo la densidad máxima con 1622 individuos con una  $r$  de  $0.21 \pm 6.74 \times 10^3$ , teniendo su primer densidad máxima el día 15, un día antes de *C. vulgaris* viva, la ultima dieta en obtener su densidad máxima. La levadura presentó al tercer día su densidad máxima, pero esta fue junto con su tasa muy baja ( $0.06 \pm 0.02 \times 10^3$ ), estando por arriba de ella el detritus (Fig. 10,11 y 12). Para la densidad y día de densidad máximos las diferencias fueron de  $p < 0.001$  entre las dietas y para  $r$  se tuvo  $p < 0.01$  (Tabla 2).

## Crecimiento Somático

### **Longitud y peso (cladóceros)**

Los análisis de regresión lineal para relacionar las medidas de longitud (largo  $\mu\text{m}$ ) y peso ( $\mu\text{g}$ ), se presento una tendencia positiva ya que a mayor tamaño del cuerpo se tuvo más peso. En *M. triserialis* se presentó esta relación de manera positiva en el detritus, al presentar un coeficiente de correlación ( $r$ ) de 0.24 ( $n = 15$ ) (Fig. 13). En *A. rectangula* se tuvo una correlación de 0.05 en *C. vulgaris* muerta y con ella una tendencia positiva entre la longitud y el peso (Fig. 14). En *C. sphaericus*, también se tuvo a *C. vulgaris* muerta junto con el detritus como las mejores dietas para la relación de longitud y peso, con un coeficiente de correlación de 0.20 y 0.04 respectivamente (Fig. 15).

### **Longitud (rotíferos)**

En la Tabla 3 se presentan las longitudes tomadas para los rotíferos: en *Platyias quadricornis* se presentó la mayor longitud en la dieta del detritus con  $310.4 \pm 16.9 \mu\text{m}$  de largo y  $290.5 \pm 21.7 \mu\text{m}$  a lo ancho, teniendo con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* su menor crecimiento somático. En *Lecane quadridentata* se tiene un mejor crecimiento del cuerpo con la dieta de *Chlorella vulgaris* muerta, presentando  $116.2 \pm 2.0 \mu\text{m}$  a lo largo y  $87.5 \pm 1.7 \mu\text{m}$  a lo ancho; las últimas dos especies tuvieron con la levadura *Saccharomyces cerevisiae* su menor crecimiento en las longitudes del cuerpo. *Brachionus macracanthus* presentó en *Chlorella vulgaris* viva su mayor crecimiento en el tamaño del cuerpo con  $153.5 \pm 3.0 \mu\text{m}$  de largo y  $161.3 \pm 2.3 \mu\text{m}$  de ancho, teniendo en *Chlorella vulgaris* muerta el menor tamaño de cuerpo con  $149.6 \pm 4.3 \mu\text{m}$  de largo y  $142.6 \pm 5.4 \mu\text{m}$  de ancho.

## Contenido de Carbón en las dietas

Se obtuvo una concentración de carbón para el detritus de  $37.50 \mu\text{g}$  en 50 ml, en la literatura se encontró a *Chlorella vulgaris* con  $8.73 \mu\text{g}$  en 50 ml (Sarma, 1987), y para la levadura *Saccharomyces cerevisiae* de  $18.72 \mu\text{g}$  en 50 ml (Brown *et al.*, 1996).

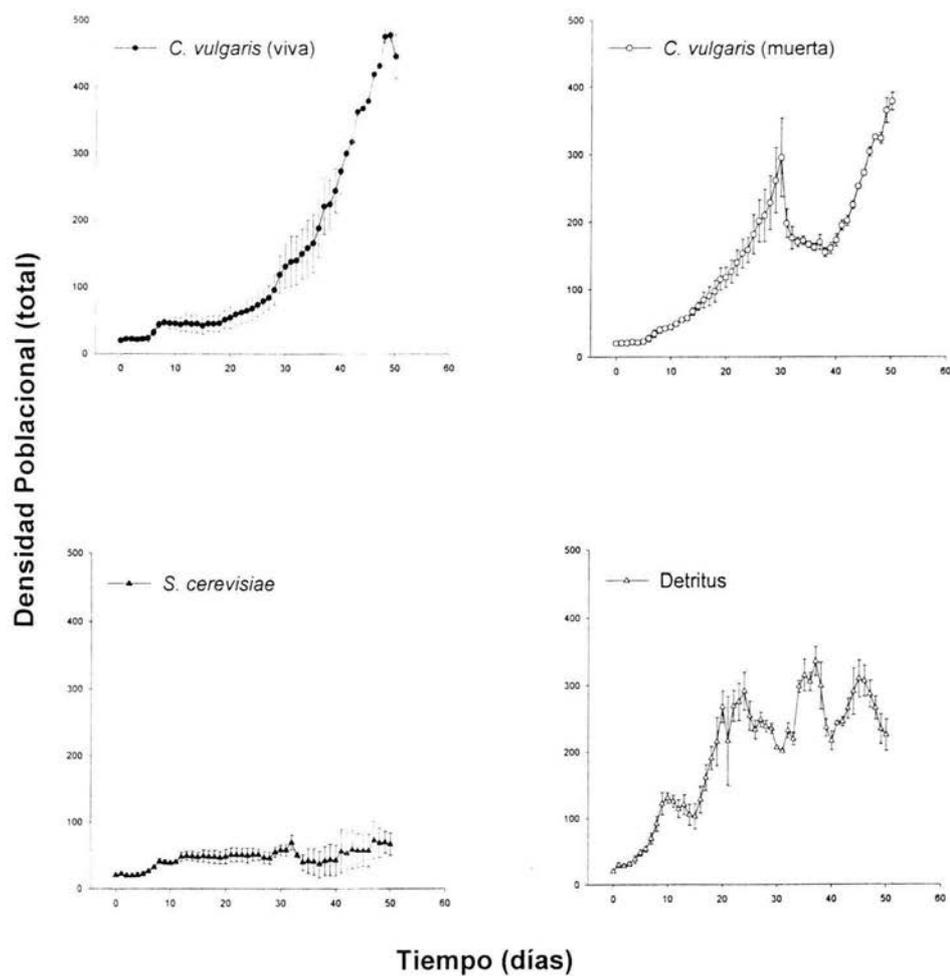
*Macrothrix triserialis*

Figura 1. Crecimiento poblacional con diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones.

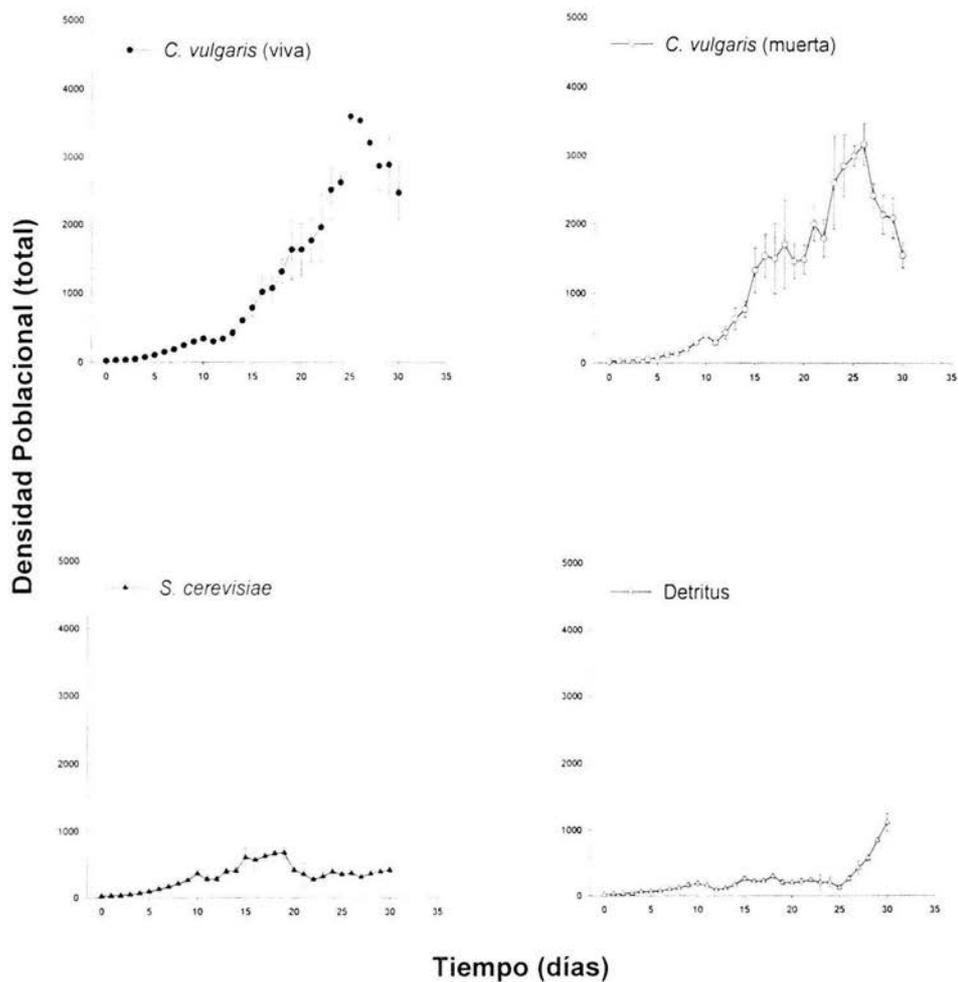
*Alona rectangularis*

Figura 2. Crecimiento poblacional con diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones.

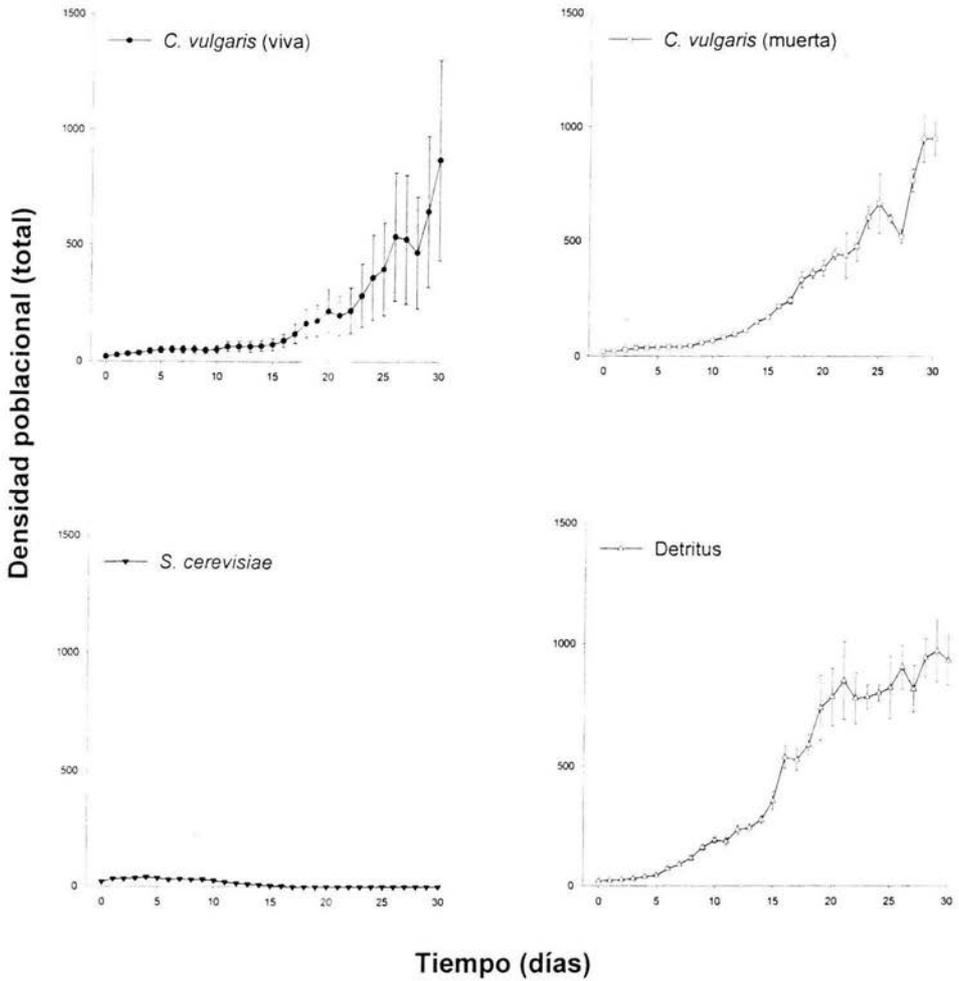
*Chydorus sphaericus*

Figura 3. Crecimiento poblacional con diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones.

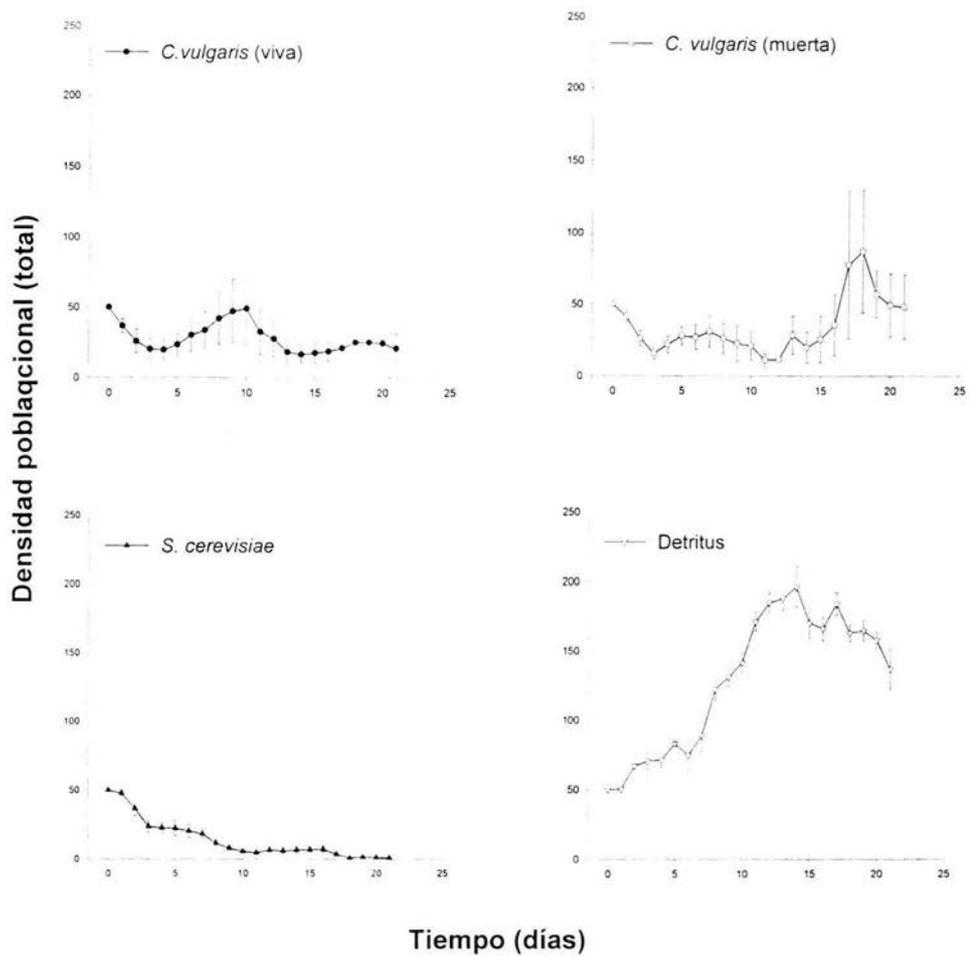
*Platyias quadricornis*

Figura 4. Crecimiento poblacional con diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones.

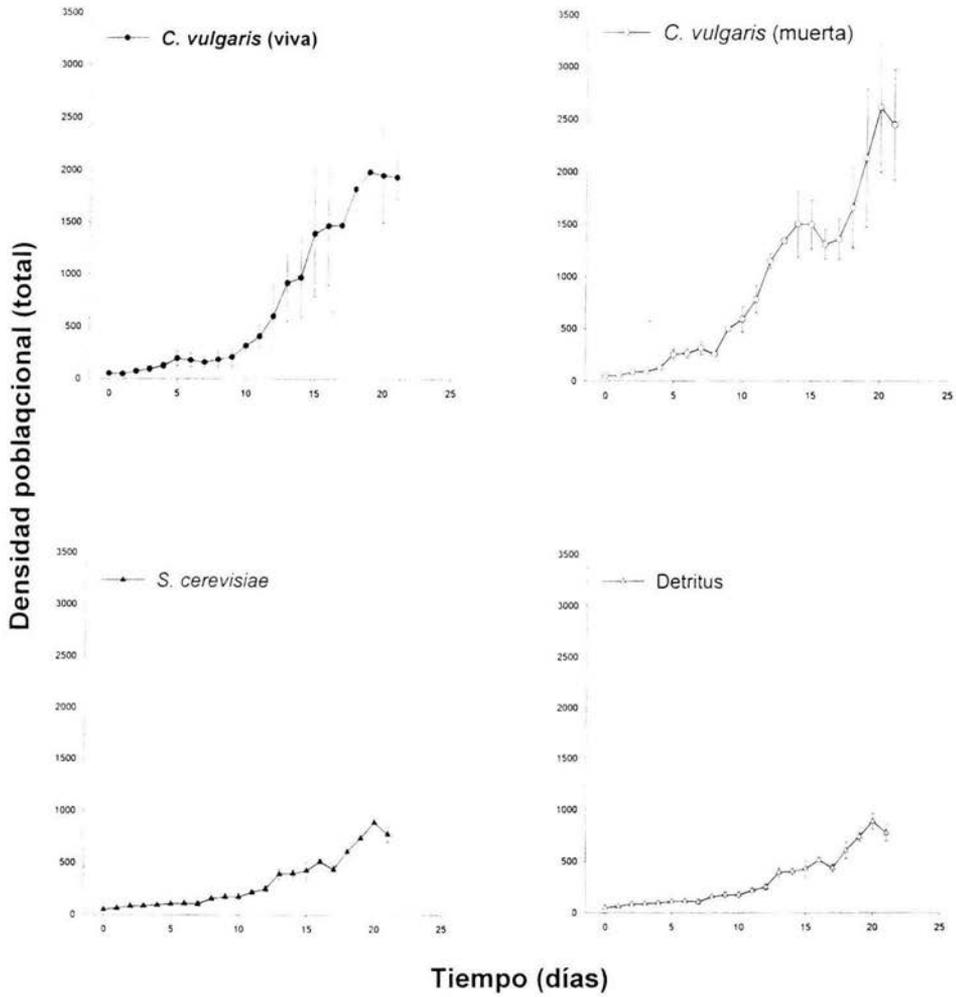
*Lecane quadridentata*

Figura 5. Crecimiento poblacional con diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones.

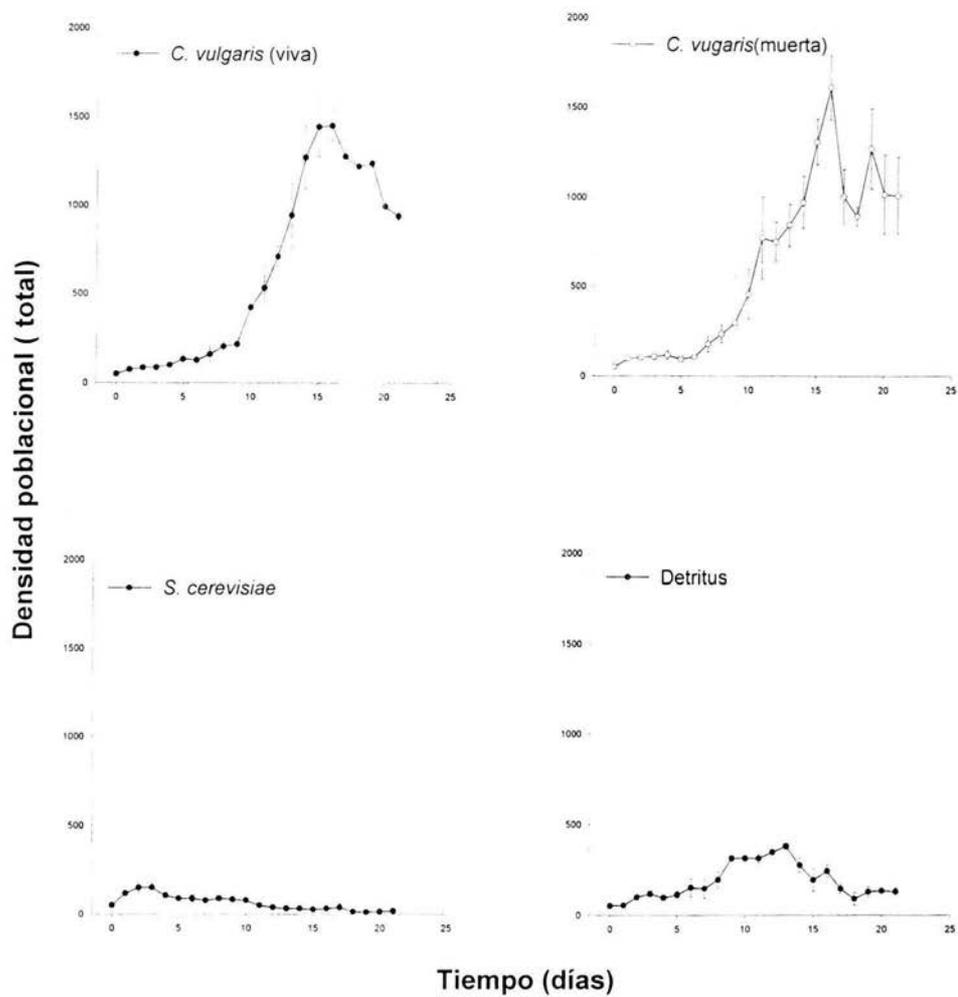
*Brachionus macracanthus*

Figura 6. Crecimiento poblacional con diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones.

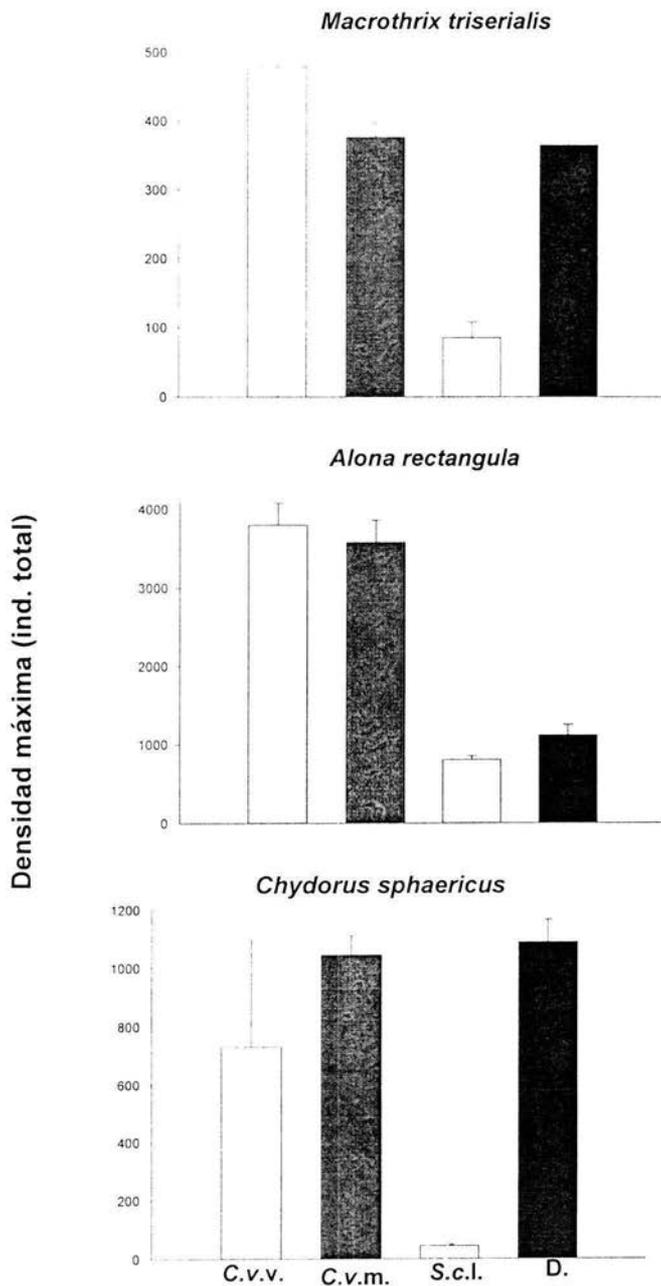


Figura 7. Densidad máxima poblacional de cladóceros, aplicando diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones. *Chlorella vulgaris* viva (C.v.v.), *Chlorella vulgaris* muerta (C.v.m.), *Saccharomyces cerevisiae* levadura (S.c.l) y detritus (D).

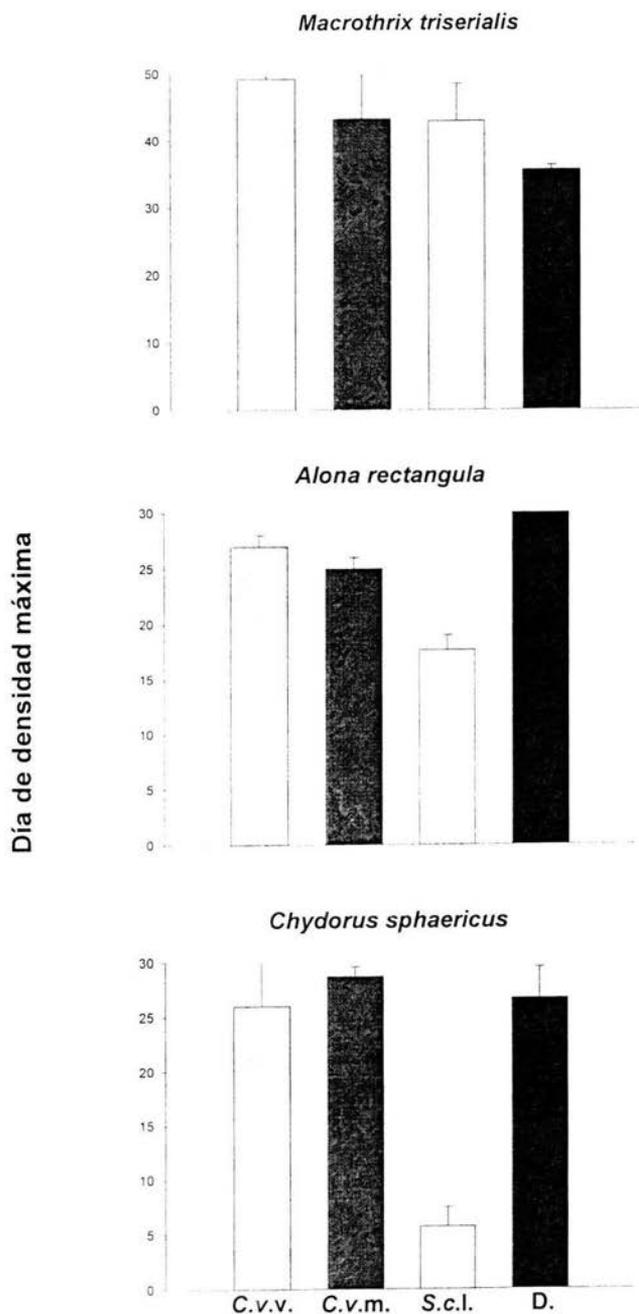


Figura 8. Día de densidad máxima poblacional de cladóceros, aplicando diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones. *Chlorella vulgaris* viva (C.v.v.), *Chlorella vulgaris* muerta (C.v.m.), *Saccharomyces cerevisiae* levadura (S.c.l) y detritus (D).

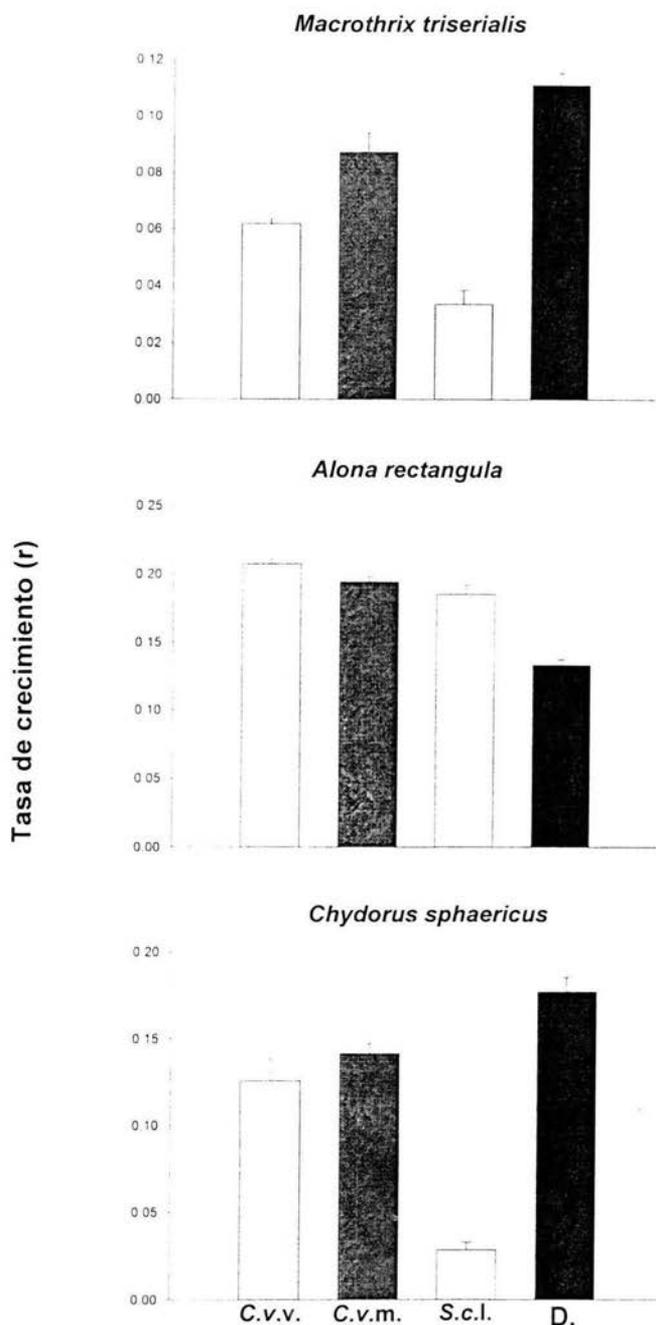
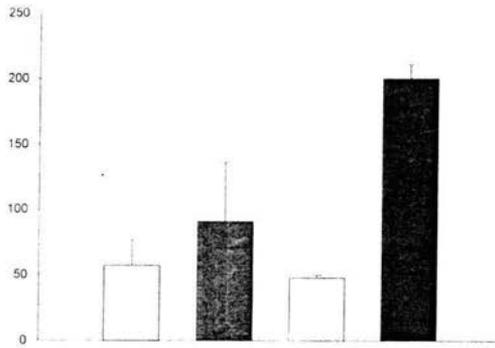
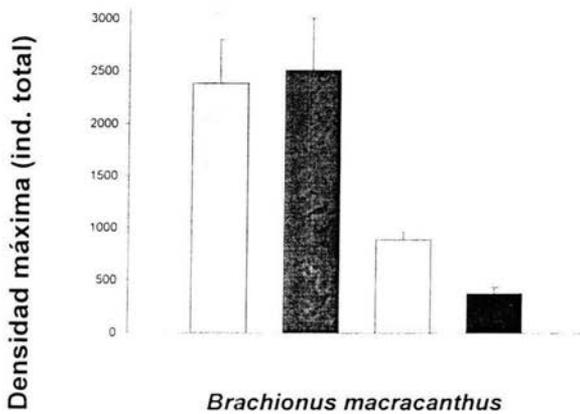


Figura 9. Tasa de crecimiento de cladóceros, aplicando diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones. *Chlorella vulgaris* viva (C.v.v.), *Chlorella vulgaris* muerta (C.v.m.), levadura *Saccharomyces cerevisiae* (S.c. l) y detritus (D).



*Lecane quadridentata*



*Brachionus macracanthus*

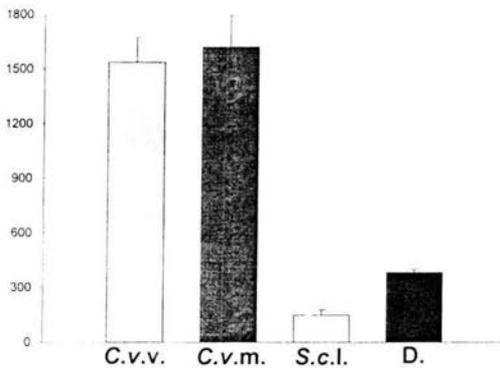


Figura 10. Densidad máxima poblacional de rotíferos, aplicando diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones. *Chlorella vulgaris* viva (C.v.v.), *Chlorella vulgaris* muerta (C.v.m.), levadura *Saccharomyces cerevisiae* (S.c.l.) y detritus (D).

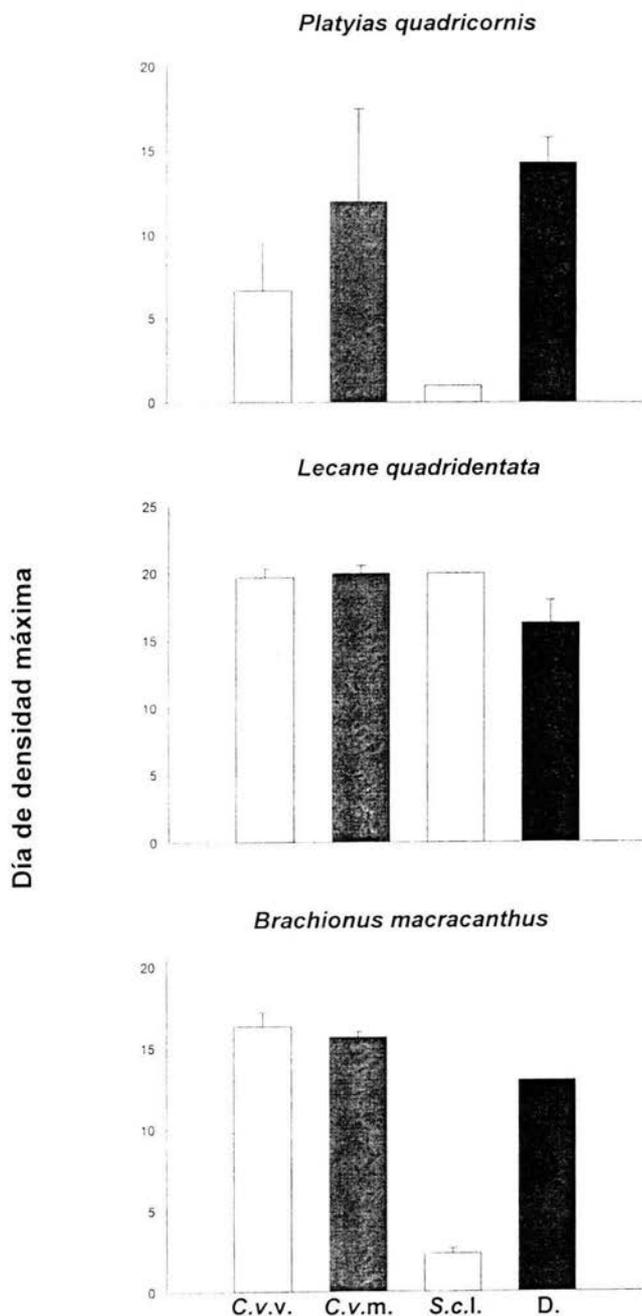


Figura 11. Día de densidad máxima poblacional de rotíferos, aplicando diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones. *Chlorella vulgaris* viva (C.v.v.), *Chlorella vulgaris* muerta (C.v.m.), levadura *Saccharomyces cerevisiae* (S.c.l) y detritus (D).

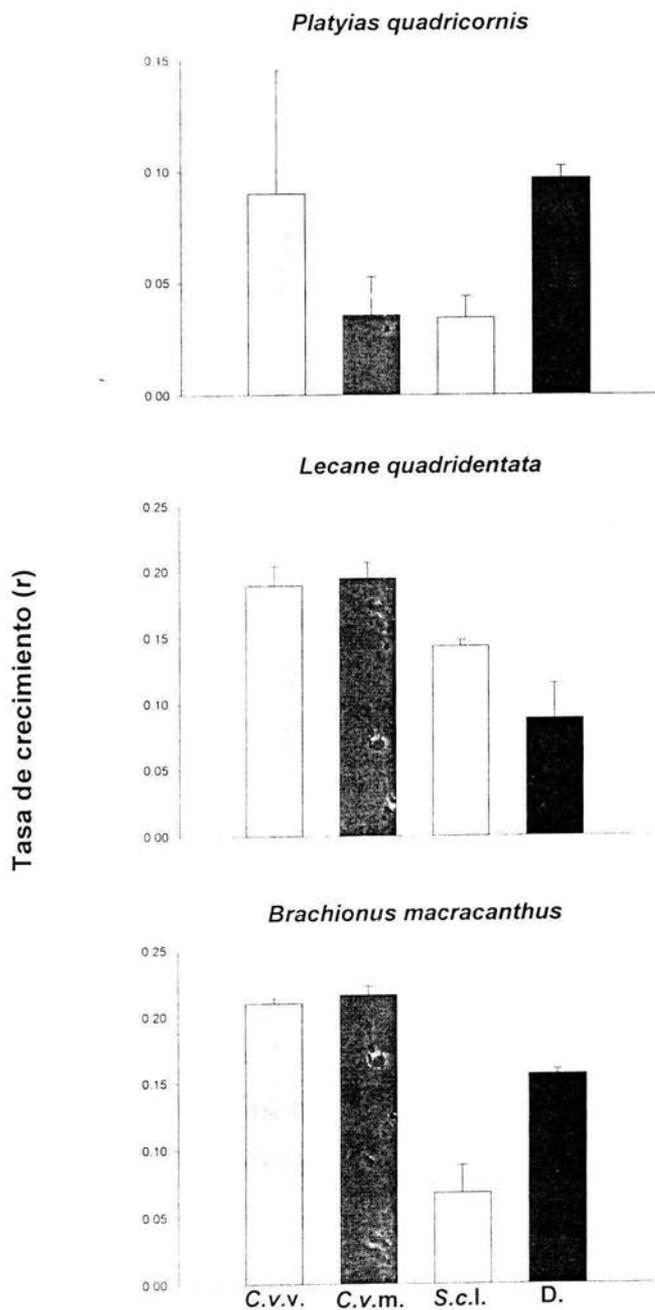


Figura 12. Tasa de crecimiento ( $r$ ) de rotíferos, aplicando diferentes dietas. Los valores indican el promedio  $\pm$  error estándar de tres repeticiones. *Chlorella vulgaris* viva (C.v.v.), *Chlorella vulgaris* muerta (C.v.m.), levadura *Saccharomyces cerevisiae* (S.c.l) y detritus (D).

		<u>Densidad máxima</u>		
<b><i>Macrothrix triserialis</i></b>				
Origen de Variación	df	SS	MS	F
Entre dietas	3	256427.375	85475.79	100.94***
Dentro de las dietas	8	6774.625	846.83	
Total	11	263202.000		
<b><i>Alona rectangular</i></b>				
Entre dietas	3	22635604.000	7545201.33	57.19***
Dentro de las dietas	8	1055424.000	131928.00	
Total	11	23691028.000		
<b><i>Chydorus sphaericus</i></b>				
Entre dietas	3	0.009	0.00	48.52***
Dentro de las dietas	8	0.001	0.00	
Total	11	0.010		
		<u>Día de Densidad máxima</u>		
<b><i>Macrothrix triserialis</i></b>				
Entre dietas	3	242.918	80.97	1.12 n.s.
Dentro de las dietas	8	579.998	72.50	
Total	11	855.916		
<b><i>Alona rectangular</i></b>				
Entre dietas	3	248.250	82.75	29.21***
Dentro de las dietas	8	22.667	2.83	
Total	11	270.917		
<b><i>Chydorus sphaericus</i></b>				
Entre dietas	3	1046.250	348.75	16.61***
Dentro de las dietas	8	168.000	21.00	
Total	11	1214.250		
		<u>Tasa de crecimiento poblacional</u>		
<b><i>Macrothrix triserialis</i></b>				
Entre dietas	3	0.005	0.00	29.23***
Dentro de las dietas	8	0.000	0.00	
Total	11	0.005		
<b><i>Alona rectangular</i></b>				
Entre dietas	3	0.009	0.00	48.82***
Dentro de las dietas	8	0.001	0.00	
Total	11	0.00		
<b><i>Chydorus sphaericus</i></b>				
Entre dietas	3	0.004	0.00	0.12 n. s.
Dentro de las dietas	8	0.092	0.01	
Total	11	0.096		

Cuadro 1. Análisis de varianza (ANOVA), de Densidad máxima, Día de densidad máxima y tasa de crecimiento poblacional de cladóceros. \*\*\* =  $p < 0.001$ , n. s. = no significativo.

<u>Densidad máxima</u>				
<i>Platytias quadricornis</i>				
Origen de Variación	df	SS	MS	F
Entre dietas	3	448004.914	149.97	77.71**
Dentro de las dietas	8	15488.000	1936.00	
Total	11	60292.914		
<i>Lecane quadridentata</i>				
Entre dietas	3	10346052.000	3448684.00	10.78**
Dentro de las dietas	8	2559676.000	319959.50	
Total	11	12905728.000		
<i>Brachionus macracanthus</i>				
Entre dietas	3	5269560.000	1756520.00	46.67***
Dentro de las dietas	8	301065.000	37633.13	
Total	11	5570625.000		

<u>Día de Densidad máxima</u>				
<i>Platytias quadricornis</i>				
Entre dietas	3	0.022	0.01	9.06**
Dentro de las dietas	8	0.006	0.00	
Total	11	0.028		
<i>Lecane quadridentata</i>				
Entre dietas	3	28.667	9.56	3.58 n.s.
Dentro de las dietas	8	21.333	2.67	
Total	11	50.000		
<i>Brachionus macracanthus</i>				
Entre dietas	3	379.667	126.56	168.74***
Dentro de las dietas	8	6.000	0.75	
Total	11	385.667		

<u>Tasa de crecimiento poblacional</u>				
<i>Platytias quadricornis</i>				
Entre dietas	3	0.010	0.00	1.33 n.s.
Dentro de las dietas	8	0.021	0.00	
Total	11	0.031		
<i>Lecane quadridentata</i>				
Entre dietas	3	0.007	0.00	0.81 n.s.
Dentro de las dietas	8	0.023	0.00	
Total	11	0.030		
<i>Brachionus macracanthus</i>				
Entre dietas	3	0.034	0.01	3.42**
Dentro de las dietas	8	0.026	0.00	
Total	11	0.060		

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANOVA) de Densidad máxima, día de densidad máxima y tasa de crecimiento poblacional de rotíferos., \*\*\* =  $p < 0.001$ , \*\* =  $p < 0.01$  y n. s. = no significativo.

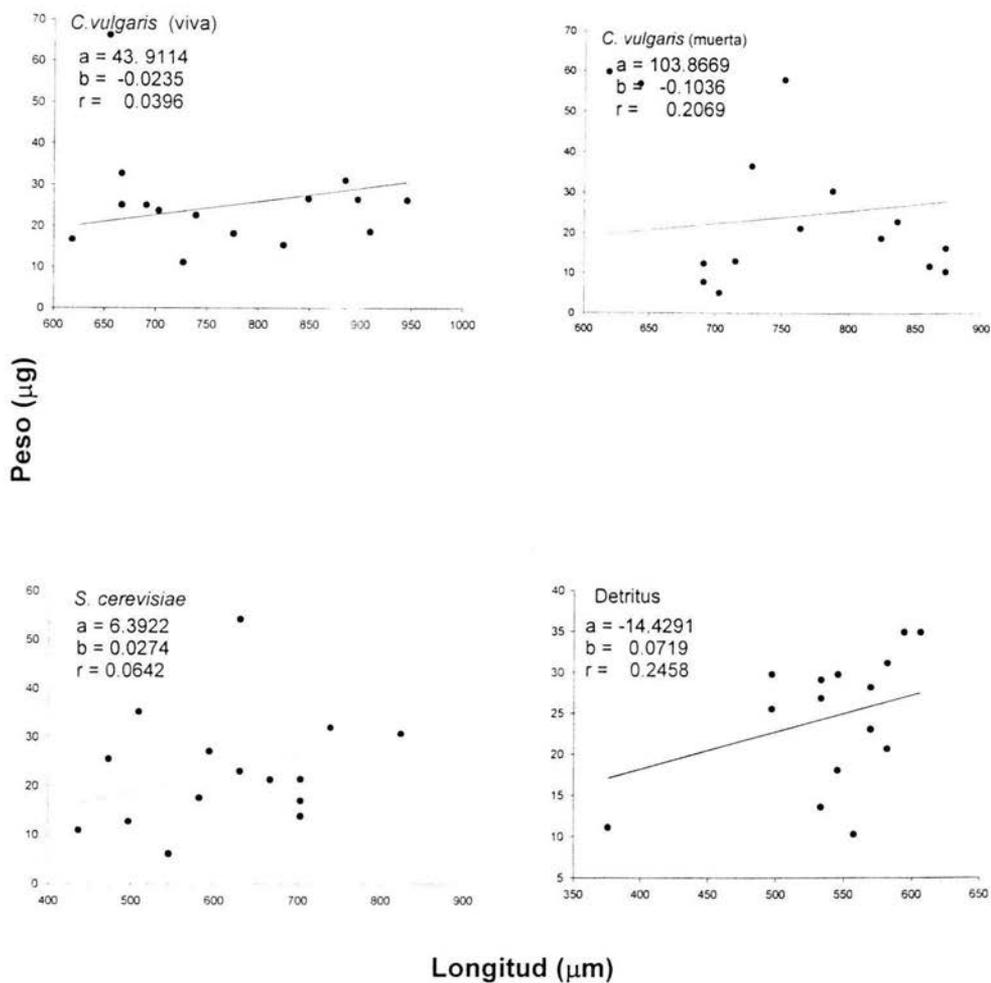
*Macrothrix triserialis*

Figura 13. Regresiones lineales del tamaño del cuerpo de cladóceros en cultivo con diferentes dietas.

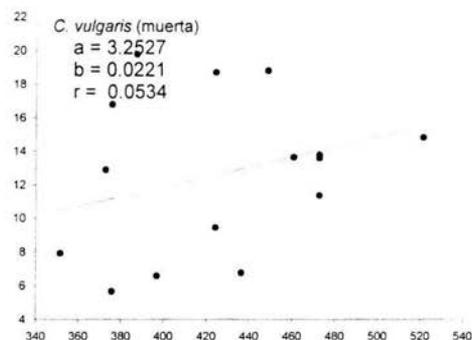
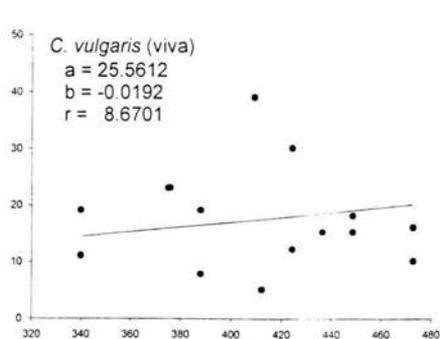
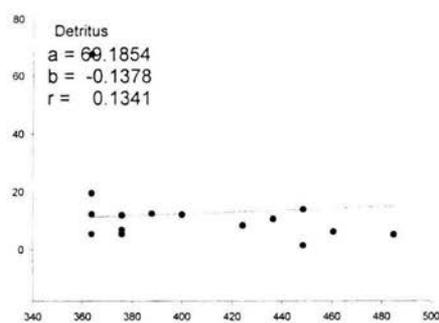
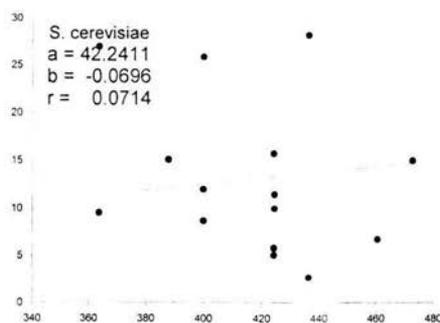
*Alona rectangulara*Peso ( $\mu\text{g}$ )Longitud ( $\mu\text{m}$ )

Figura 14. Regresiones lineales del tamaño del cuerpo de cladóceros en cultivo con diferentes dietas.

*Chydorus sphaericus*

U.N.A.M. CAMPUS

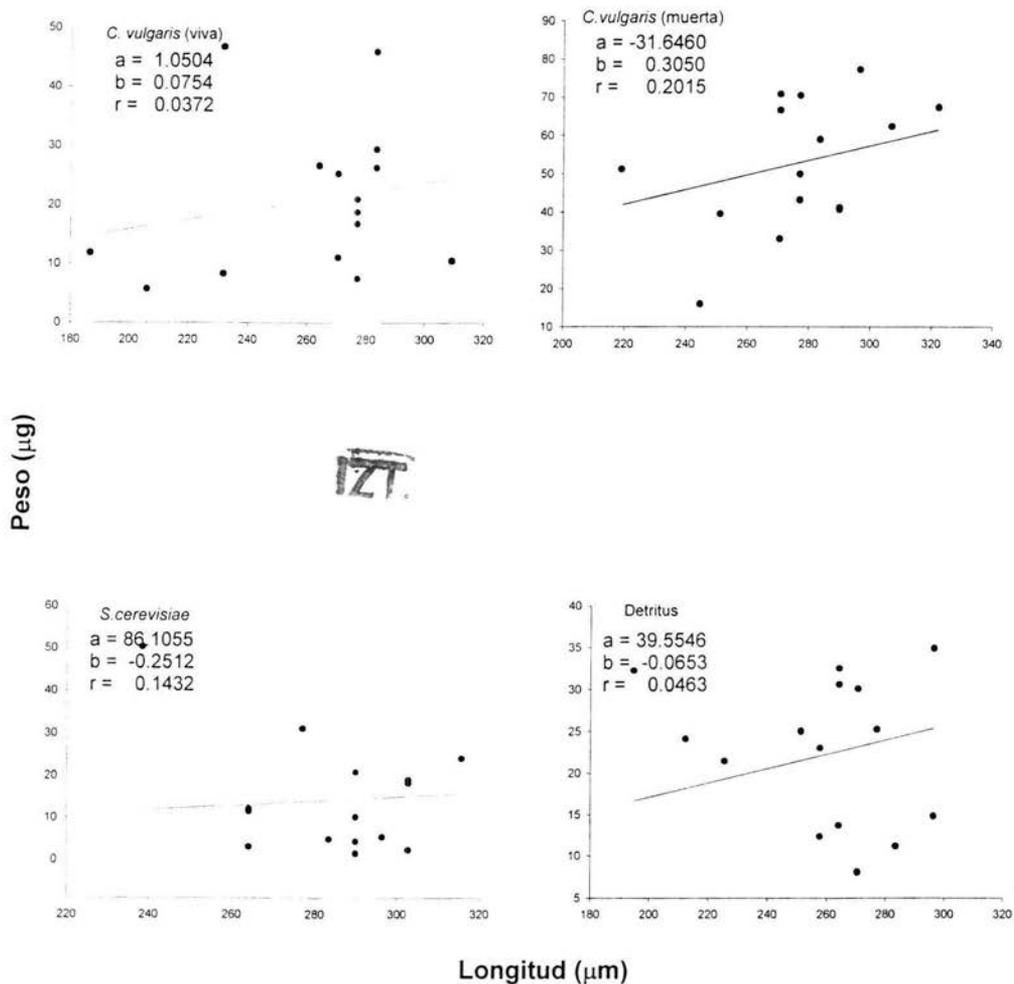


Figura 15. Regresiones lineales del tamaño del cuerpo de cladóceros en cultivo con diferentes dietas.

Tipo de dieta	Longitud ( $\mu\text{m}$ ) $\pm$ error estándar	Ancho ( $\mu\text{m}$ ) $\pm$ error estándar
<b><i>Platyias quadricornis</i></b>		
<i>Chlorella vulgaris</i> (viva)	174.829 $\pm$ 5.66	159.712 $\pm$ 5.75
<i>Chlorella vulgaris</i> (muerta)	187.785 $\pm$ 14.30	178.581 $\pm$ 10.62
Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	158.989 $\pm$ 6.36	149.900 $\pm$ 4.78
Detritus	310.482 $\pm$ 16.99	290.584 $\pm$ 21.73
<b><i>Lecane quadridentata</i></b>		
<i>Chlorella vulgaris</i> (viva)	113.496 $\pm$ 5.26	89.194 $\pm$ 2.57
<i>Chlorella vulgaris</i> (muerta)	116.202 $\pm$ 2.06	87.584 $\pm$ 1.71
Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	105.718 $\pm$ 4.54	78.568 $\pm$ 1.72
Detritus	113.344 $\pm$ 2.05	88.228 $\pm$ 1.81
<b><i>Brachionus macracanthus</i></b>		
<i>Chlorella vulgaris</i> (viva)	153.584 $\pm$ 3.00	161.322 $\pm$ 2.31
<i>Chlorella vulgaris</i> (muerta)	149.696 $\pm$ 4.34	142.646 $\pm$ 5.49
Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	151.018 $\pm$ 3.75	155.416 $\pm$ 3.45
Detritus	152.922 $\pm$ 3.27	150.417 $\pm$ 3.50

Cuadro 3. Comparativo de los promedios de las longitudes (largo y ancho) del tamaño del cuerpo de Rotíferos en  $\mu\text{m} \pm$  error estándar.

## DISCUSIÓN

### Crecimiento Poblacional de Cladoceros

#### *Chlorella vulgaris* viva:

En los estudios con cladóceros, el enfoque y la importancia deja al margen el papel de las especies litorales, por no ser muy abundantes. Paterson dijo en 1993 se les pusiera más atención en cuestión de biomasa y producción, y en respuesta a la importancia que poseen estos organismos en la trama trófica, por ello en este estudio se trabajó con cultivos de especies litorales.

La mejor respuesta de estas especies a las condiciones de alimentación expuestas con la dieta de *Chlorella vulgaris* viva fue para *Alona rectangula* con la densidad máxima de 76 ind. en un ml y la tasa de crecimiento ( $r$ ) más alta, pero la primera especie que tuvo su día de densidad máxima fue *Chydorus sphaericus*.

*Macrothrix triserialis* y *A. rectangula* obtuvieron una respuesta positiva en sus densidades tanto poblacionales como máximas con una significativa diferencia (Fig. 13), en el cultivo con *C. vulgaris* viva, mientras los cladóceros pelágicos *Daphnia pulex*, *Moina macrocopa* y *Ceriodaphnia dubia* cultivados por Alva y colaboradores (2001) con la misma especie de alga presentaron densidades máximas de 6 ind. en un ml para la primera y última especie, mientras que para la segunda tuvo 8 ind en un ml, estando por arriba lo obtenido en el presente estudio; Nandini (2000) cultivo las especies *Ceriodaphnia cornuta*, *Moina macrocopa*, *Pleuroxus aduncus* y *Simocephalus vetulus* obteniendo crecimientos favorables en las mismas condiciones de alimento, pero en las tasas de crecimiento todas excepto *Ceriodaphnia cornuta* presentaron a mayor concentración de alimento menor tasa de crecimiento, *Moina macrocopa* tuvo su mayor  $r$  con  $0.602 \pm 0.014$ , superando así las  $r$  obtenidas para especies litorales, pero su total de individuos fue menor; observándose que tanto los cladóceros litorales como los pelágicos pueden llegar a consumir el mismo alimento y crecer satisfactoriamente en él.

De los pocos trabajos realizados recientemente para especies litorales, esta el de Muro y Nandini (2001) con las especies *M. triserialis* y *A. rectangula*, las cuales cultivaron con una concentración baja ( $0.5 \times 10^6$ ) y una alta ( $2.0 \times 10^6$ ) de *C. vulgaris*. En particular *M. triserialis* logró un crecimiento alto en ambas concentraciones, y al complementarlo con el resultado de este estudio donde se aplicó una concentración media ( $1.5 \times 10^6$ ), se puede ver que al aumentar la concentración del alga se incrementa la población; en cuanto la densidad máxima, fue de 13 ind. en un ml con la concentración alta, mientras en los resultados de este trabajo fue de 10 ind. en un ml (Muro y Nandini, 2001), en la tasa de crecimiento se ve una gran diferencia entre las poblaciones de los estudios de Muro y Nandini (2001), 0.13 en la concentración alta y para este estudio de 0.06; lo que tal vez se deba a la concentración del alimento. En *A. rectangula* la densidad máxima fue para Muro y Nandini de 8 ind. en un ml y en este estudio de 76, debido a que sus r fueron de 0.17 y de 0.20 respectivamente. A pesar de haber tenido crecimientos altos para *A. rectangula*, el registrado en este trabajo es superior aun en la concentración alta, esto se debe las condiciones en cuanto a la alimentación y a las características propias de la especie para adaptarse.

En el caso de la especie *C. sphaericus* no se obtuvieron buenos resultados con esta dieta ya que se tuvo una población menor de 18 ind. en un ml de medio, mientras Eytó e Irvine (2001) obtuvo con el alga *Chlamydomonas reinhardtii* una población mucho más alta, incluso que las otras especies del experimento (*Alona affinis* y *Alonopsis elongata*), esto se pudo deber a que la especie tuvo una mejor capacidad de obtención y asimilación de los nutrimentos.

### ***Chlorella vulgaris* muerta y Detritus:**

La relación existente entre la dieta con *C. vulgaris* muerta y el detritus, se da al matar el alga con agua caliente, provocando en este medio de cultivo el crecimiento de protozoarios y un enriquecimiento por materia orgánica en descomposición debido al alga muerta; los mismos elementos están presentes en el detritus ya que al analizarlo se encontraron protozoarios en mayor número que las algas, y materia orgánica en descomposición (macrófitas). Eytó e Irvine (2001) aplicó dos dietas una elaborada con infusión de restos de organismos y otra de agua filtrada de un lago, las dos tuvieron densidades superiores a las

de este trabajo, debido a la alta biomasa de fitoplancton que presentaban; en la primera dieta se tuvo a *Alona affinis* con el mejor crecimiento, seguida de *C. sphaericus*; en la segunda dieta se tuvo un promedio muy alto para *C. sphaericus* y muy bajo para *Alonopsis elongata*, y nulo para *Alona affinis*, a pesar de ello se puede ver una gran preferencia de esta especie por la materia orgánica en descomposición y de las algas presentes en las macrófitas de la zona litoral. *A. rectangula* tuvo más éxito en la dieta con *C. vulgaris* muerta que con el detritus, debido a que la especie tiene más afinidad al alga como se pudo ver en *C. vulgaris* viva con 72 ind. en un ml, que a la materia en descomposición, coincidiendo con el estudio de Aguilera (2001) que obtuvo la más alta densidad de *A. rectangula* en su grupo control (*C. vulgaris*), seguida del tratamiento con agua residual urbana parcialmente tratada obtenida de un reactor biológico o tanque de aeración, donde los desechos tóxicos han disminuido y los sedimentos como la materia se han eliminado quedando solo altas concentraciones de fósforo y nitrógeno, elementos de importancia para el crecimiento del fitoplancton. El estanque con estas características presentó casi el mismo crecimiento que el de *C. vulgaris* viva, con una densidad poblacional de 54 ind. en un ml antes de los 20 días de haber iniciado el periodo del experimento con una tasa de crecimiento poblacional de 0.25. Valores mucho más parecidos a los obtenidos en *C. vulgaris* muerta con una densidad poblacional de 64 ind. en un ml al día 25 con una  $r = 0.19$ , lo que nos indica una cierta adaptación al alimento con materia orgánica en descomposición.

*M. triserialis* presenta en *C. vulgaris* muerta una densidad poblacional baja en comparación a la obtenida en el detritus, prefiriendo esta dieta por su contenido de materia orgánica en descomposición y su fuerte asociación a las macrófitas de la zona litoral que la producen.

#### **Levadura *Saccharomyces cerevisiae*:**

La levadura en las tres especies de cladóceros se mantuvo como la dieta más baja con un espontáneo crecimiento al inicio de su cultivo, llegando a decrecer hasta terminar con cero individuos como en el caso *C. sphaericus*. *A. rectangula* presentó una densidad máxima de 16 ind. en un ml y una  $r$  de 0.18, y el día 6 *C. sphaericus* tuvo su primer densidad máxima. En el estudio reportado por Michels y De Meester (1998) con *Daphnia magna* al ponerla

en cultivo con levadura *Saccharomyces cerevisiae* sola y la levadura con ciliados, se presenta una deficiencia en su crecimiento poblacional con la dieta de levadura sola (con una  $r$  de menos de 0.2), pero en la dieta combinada el crecimiento fue alto ( $r = 0.30$ ); esto se debió en ambos estudios, a que *Saccharomyces cerevisiae* presenta una gran deficiencia en ácidos grasos esenciales que en la dieta combinada son aportados por los ciliados. La levadura por sí sola solo dio un buen empuje al crecimiento de la población en los primeros días, por eso no se descarta su uso como un complemento alimenticio.

### **Crecimiento Poblacional de Rotíferos**

#### ***Chlorella vulgaris* viva:**

En el caso de los rotíferos la historia no es diferente a la de los cladóceros porque las investigaciones se enfocan más a las especies pelágicas que a las litorales, pero el compartir el mismo nicho ecológico con los cladóceros les otorga en la trama alimenticia la misma importancia para su estudio. En esta dieta se presentó *Lecane quadridentata* como la especie con máxima densidad, pero la que tuvo la tasa de crecimiento más alta fue *B. macracanthus*.

*Lecane quadridentata* presentó un crecimiento poblacional bajo en *C. vulgaris* viva, sin embargo fue mayor que el registrado por Pérez y Rico (1998), donde cultivaron la misma especie a tres diferentes concentraciones de alga *Nannochloris oculata*; también a *Lecane luna* se le cultivo con esta alga pero tuvo un crecimiento mucho más alto, esto tal vez se debido al tipo de comportamiento que en particular tiene cada especie.

También *Brachionus macracanthus* tuvo un crecimiento poblacional ligeramente bajo en esta dieta con una tasa de 0.21, y aunque el análisis ANOVA no presentó diferencias significativas entre las dietas, este valor indica una velocidad de crecimiento buena; es relevante mencionar que esta especie es una variedad de *Brachionus patulus* (Koste, 1978) por lo que se puede comparar su crecimiento. Pavón (2001) trabajó con *Brachionus patulus* y *Brachionus calyciflorus*, y ambos tuvieron altas densidades a concentraciones altas de *C. vulgaris*, con una  $r$  de 0.31, valor mayor al obtenido en este estudio; particularmente para *B. patulus* el día de densidad máxima fue el 37 con 1200 ind. en un ml, mientras para *B.*

*macracanthus* fue el día 27 con 31 ind. en un ml. Esto debido las diferencias morfológicas de las dos especies y al hábitat en el que viven ya que las especies utilizadas por Pavón son propias de la zona pelágica. Ooms (1997), trabajo con *Brachionus angularis* obteniendo un crecimiento poblacional bajo (4 ind. en un ml), en comparación con *B. macracanthus*, pero lo tuvo al día 6 de haber puesto el cultivo. Sarma y colaboradores (2001), al aplicar a *Brachionus patulus* y *Brachionus calyciflorus* alga *C. vulgaris* a una concentración de  $3 \times 10^6$  obteniendo densidades altas de 300 y 110 ind. por ml, afirmando que estas especies tienen una tasa de crecimiento poblacional sumamente altas.

*Platyias quadricornis* presenta una densidad poblacional baja respecto a las otras dietas y a las anteriores especies mencionadas, y que prefiere la materia orgánica presente en la columna de agua, por tener la característica de fijarse al sustrato, ya sea a los tallos de macrófitas o al fondo (Koste, 1978).

#### ***Chlorella vulgaris* muerta y Detritus:**

En *B. macracanthus* es menor la relación entre ambas dietas al presentarse el crecimiento más alto en *C. vulgaris* muerta y en el detritus uno de los más bajos, aun así se pude ver como en la investigación de Arévalo y colaboradores (1998), al cultivar *Brachionus calyciflorus* en agua de nejayote diluida (desechos del proceso de nixtamalización), donde solo en las diluciones del 8% y 16%, se vio un crecimiento comparable al del alga *Chlorella* a una concentración de  $2 \times 10^6$ , presentándose una tendencia por parte de esta especie a dietas con alto contenido de materia orgánica. En el caso de los cultivos de *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus patulus* realizados por Pavón (2001) con *C. vulgaris* muerta por agua caliente y congelada, se obtuvieron en la primera especie densidades muy bajas, aun en la concentración más alta, a pesar de ello su tasa de crecimiento se mantuvo en 0.4 y 0.3 para cada dieta, mientras que en *B. patulus* se mantuvo al menos en *C. vulgaris* muerta una densidad por arriba de 1200 ind. por ml y una tasa casi de 0.3. Lo anterior nos muestra que *Brachionus calyciflorus* es una especie de la zona pelágica (Stemberger y Gilbert, 1985) y crece bien con alga viva, así como *Brachionus patulus*, además de crecer bien con alga lo hace con alga muerta y materia orgánica en descomposición, lo que nos indicaría una adaptación tanto a la zona pelágica

como a la litoral; mientras que *B. macracanthus* ingiere mucho mejor el alga muerta por la materia orgánica, así como en el detritus, indicándonos una preferencia por la zona litoral.

*L. quadridentata* presenta el mismo caso de *B. macracanthus*, ya que en *C. vulgaris* muerta se tiene la población más alta y en el detritus la más baja, esto se puede deber a que en el detritus encuentran alimento no ingerible o en grandes cantidades, las cuales perturban su desarrollo.

Para *P. quadricornis* el detritus se presenta como la dieta con el crecimiento y la tasa de crecimiento más altos, seguida de *C. vulgaris* muerta, pero solo en crecimiento y la densidad máxima ya que en *r* esta por debajo de *C. vulgaris* viva, aunque el análisis ANOVA no reveló diferencias significativas entre las dietas. Esta preferencia por el detritus se puede deber a que esta especie presenta como característica el fijarse al sustrato (macrófitas), y de ahí capta lo que se va depositando. Pavón (2001) presenta una densidad de 26 ind. en un ml de *B. calyciflorus* cultivado con *C. vulgaris* muerta por congelamiento, que comparado con la densidad de 4 ind. en un ml en el cultivo *P. quadricornis* con detritus este es muy bajo, tal vez por tener una tasa de crecimiento de 0.09 y *B. calyciflorus* una *r* de 0.30.

#### **Levadura *Saccharomyces cerevisiae*:**

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* fue la dieta, tanto en cladóceros como en los rotíferos con baja o nula población; al presentar solo en *Lecane quadridentata* por parte de los rotíferos la densidad máxima (12 ind. en un ml), día de densidad máxima (20 días) y *r* (0.1434) más altos. En estudios realizados por Hirayama y coautores (1989), observaron que la levadura solo hace crecer la población de *Brachionus plicatilis* al combinarla con alga *C. vulgaris* y vitamina B12; Sarma y colaboradores (2001-a) aplicaron a *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus patulus* una dieta con levadura sola y una mezcla de levadura con alga presentando crecimientos bajos en la levadura sola, y altos en la dieta mezclada con una velocidad de crecimiento poblacional de 0.3 a una concentración de  $1 \times 10^6$  y de 0.65 a una concentración de  $3 \times 10^6$  respectivamente; mostrando que la levadura es inadecuada para los rotíferos por su falta de ácidos grasos insaturados y que solo puede usarse para complementar los requerimientos del alga en un sistema de cultivo.

## Crecimiento Somático

### **Cladóceros**

El crecimiento del cuerpo en la especie *Macrothrix triserialis* al relacionar la longitud y el peso, fue más eficiente en el detritus, lo cual nos indica que esta dieta obtenida del Vaso Regulador carretas contiene las presas que prefiere esta especie; ya que se tuvo 156 (ind.) protozoos y 125 (ind.) algas en un ml de agua. Para *Alona rectangula* su mejor crecimiento somático fue en *Chlorella vulgaris* muerta, que es similar al detritus pero más puro; también para *Chydorus sphaericus* se presentó su mejor tamaño de cuerpo en estas dos dietas; esto se debe a que de ellas obtuvieron no solo los nutrimentos sino también las condiciones más similares a las naturales. Se puede comparar a especies de la zona pelágica del género *Daphnia*, donde la especie más pequeña reportada en el trabajo de Gliwicz (1990), mide de longitud 510  $\mu\text{m}$  (*Daphnia reticulata*), mientras para *Macrothrix triserialis* se tuvo como promedio 535  $\mu\text{m}$ , ligeramente por arriba de *Daphnia reticulata*, al igual que en el trabajo de Duncan (1989) donde la especie de menor tamaño fue *Ceriodaphnia cornuta* con 500  $\mu\text{m}$ . El tamaño del cuerpo es muy importante sobretodo cuando se busca con estas especies de micro-crustáceos alimentar cultivos de peces, ya que en la relación depredador- presa el primero toma en cuenta el tamaño, ya que no gastará energía si no obtiene más de lo invertido; aunque también hay que tomar en cuenta el tamaño de su boca (Sarma, 2001). Y aunque las especies pelágicas presentan mayor tamaño como *Daphnia galeata* (910  $\mu\text{m}$ ) o *Daphnia ambigua* (600  $\mu\text{m}$ ) (Gliwicz, 1990), siendo preferidas por peces adultos: las larvas prefieren especies de menor talla como *Macrothrix triserialis*, *Alona rectangula* y *Chydorus sphaericus*.

### **Rotíferos**

En los rotíferos, *Platytias quadricornis* obtuvo el mayor crecimiento en el detritus tanto a lo largo como en lo ancho *Lecane quadridentata* lo presentó en *Chlorella vulgaris* muerta y *Brachionus macracanthus* en *Chlorella vulgaris* viva. En las dos primeras especies se observa una afinidad por el sustrato y las macrófitas; sin embargo *Brachionus macracanthus* es una especie que al parecer prefiere estar en la zona litoral donde hay más

Nandini y Rao (1998), contacto con el agua de la zona pelágica, ya que el contacto con materia orgánica en descomposición no fue benéfico. Los rotíferos *Hexarthra mira* y *Brachionus calyciflorus*, ambos de hábitos pelágicos presentan tamaños 200  $\mu\text{m}$  y 300  $\mu\text{m}$  respectivamente superando por mucho el tamaño obtenido para *Brachionus macracanthus* (161  $\mu\text{m}$ ); las tres especies fueron expuestas a una dieta con *Chlorella*, pero al menos en *Brachionus calyciflorus* y *Brachionus macracanthus* se esperaría un crecimiento similar, pero ambos tienen una manera diferente de asimilar el alimento por ello es comprensible un crecimiento somático tan diferente. En el estudio realizado por Sarma (1987) con *Brachionus patulus*, se encontró que a mayor concentración de alimento (alga), es mayor el tamaño de la lorica; teniendo así que *B. macracanthus* (inicialmente considerada como una variedad de la anterior especie) con una longitud pequeña por ser una especie litoral.

### **Calidad Nutricional de las Dietas**

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* presenta un contenido de carbón de 18.7  $\mu\text{g}$  en 50 ml a una concentración de  $1.5 \times 10^6$ , superando por mucho lo encontrado en el alga *Chlorella vulgaris* que fue de 8.8  $\mu\text{g}$  en 50 ml a una concentración de  $1.5 \times 10^6$ ; pero el detritus fue mucho mejor que las dos anteriores en contenido de carbón al tener 37.5  $\mu\text{g}$  en 50 ml de medio colectado. Estos resultados tal vez deberían reflejarse en el crecimiento poblacional de cada una de las especies sometidas a estas dietas, quedando como la mejor dieta al detritus seguida de la levadura y por último del alga *Chlorella vulgaris*. Pero para determinar que tan buena es una dieta en el crecimiento tanto poblacional como somático de un organismo, el contenido de carbón no es suficiente, y un ejemplo de ello es la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en la cual la mayoría de las especies experimentales de este trabajo, presentaron una densidad poblacional total baja o nula y esto se debe a que el contenido de ácidos grasos es muy bajo como se puede reiterar con los trabajos de Sarma y colaboradores (2001-b) donde la levadura sola no alcanzó altas densidades, o como en el trabajo de Michels y De Meester (1998) donde se presenta el mismo caso, es decir los organismos no tienen dificultad en asimilar la levadura, sino que ésta no contiene los suficientes ácidos para que cladóceros y rotíferos puedan desarrollarse. Se puede observar en los trabajos anteriormente mencionados que la levadura al agregarle *Chlorella vulgaris*, provoca en los organismos un crecimiento favorable, ya que en el alga encuentran los

ácidos grasos necesarios observándose densidades poblacionales iguales o superiores a las del alga sola.

En el caso del alga *C. vulgaris* tanto muerta como viva, se pueden encontrar crecimientos favorables pero estos van a depender de cómo se aprovechen los nutrimentos dentro del cuerpo del organismo. Esto se puede ejemplificar al ver el contenido de carbón de las *Cyanophyceas oscillatoria* y *microcystis*, las cuales presentan un alto contenido de carbón (Ahlgren, 1992) pero en el trabajo de Gulati y colaboradores (2001) reporto a *Daphnia galeata* con fecundidades bajas utilizando *oscillatoria*. Y en el trabajo de Alva y coautores (2001) con *mycrocistis* donde solo a concentraciones altas de ésta, se logró alcanzar un crecimiento de 12 ind. en un ml. En ambos trabajos lo que se puede apreciar es la dificultad de esta especie para poder capturar, atrapar o ingerir su alimento.

En el caso del detritus el contenido de carbón es alto, pero aquí intervino mucho la biología de la especie, la cual determina en que hábitat se desarrollaran, ya que a pesar de estar en la zona litoral la cual presenta un porcentaje adicional de carbón por parte de las macrófitas (Wehr, *et al.*, 1998), se tiene a especies propias de esta zona con un bajo crecimiento. Como la especie *Chydorus sphaericus*, la cual tuvo su mejor crecimiento poblacional en el detritus; esta especie tiende a vivir cerca del fondo en donde hay una interacción más fuerte entre el sustrato y las macrófitas (Williams, 1982). El mismo caso se puede ver en *Platylas quadricornis*, donde el detritus fue la mejor dieta, ya que esta especie suele fijarse a las raíces de macrófitas o al fondo (Duggan *et al.*, 1998). Se puede ver que las macrófitas juegan un papel importante en el desarrollo de estas especies incluso en lagos oligotróficos, como se puede ver en el estudio realizado por James y colaboradores (2000), donde las algas que se desarrollan en las macrófitas y las mismas macrófitas, son las principales fuentes de carbón. En general el carbón es esencial en la nutrición de cualquier organismo, en particular del zooplancton, como lo podemos ver en el trabajo de Algren y colaboradores (1997) donde al estudiar el lago Erken midieron el porcentaje de plancton en diferentes meses del año, y a concentraciones en el agua de un 25% de carbón el zooplancton está en un bajo porcentaje (5%); mientras que con un 45% de carbón se tiene 30% de zooplancton; en general el zooplancton se ve beneficiado en su ambiente natural por los porcentajes elevados de carbón y ácidos grasos.

## CONCLUSIONES

- ♣ *Macrotrix triserialis* obtuvo su mejor tasa de crecimiento en *Chlorella vulgaris* muerta; aunque presentó su densidad máxima en *Chlorella vulgaris* viva; siendo ambas dietas muy favorable para esta especie.
- ♣ En la dieta con *Chlorella vulgaris* viva la única especie que presentó una tasa de crecimiento alta fue *Alona rectangularis*, reflejándose en su crecimiento poblacional.
- ♣ *Chydorus sphaericus* tuvo un crecimiento poblacional muy alto, reflejándose en su tasa de crecimiento.
- ♣ Para *Platylabus quadricornis* su tasa de crecimiento y densidad poblacional más altas se presentaron en el detritus.
- ♣ Las especies *Lecane quadridentata* y *Brachionus macracanthus* obtuvieron con *Chlorella vulgaris* muerta sus mejores tasas de crecimiento.
- ♣ La dieta elaborada con *Chlorella vulgaris* muerta es una buena opción para el cultivo de cladóceros y rotíferos, ya que en ella se obtuvieron los mejores crecimientos poblacionales.
- ♣ La levadura *Saccharomyces cerevisiae* no presentó tasas de crecimiento favorables debido a su falta de ácidos grasos, pero se puede utilizar como un complemento alimenticio por su alto contenido de carbón.
- ♣ Un alto contenido de carbón en las dietas no asegura el incremento en longitud y peso. Este va a depender de la asimilación para cada especie, de cada nutrimento.

## REFERENCIAS

- ♣ Aguilera L. D. 2001. Dinámica poblacional de cuatro especies seleccionadas de cladóceros (Cladocera: Crustacea) realizada en aguas residuales urbanas parcialmente tratadas. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala UNAM. 41 pp.
- ♣ Ahlgren G. 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. Journal Phycology. 28: 37-50.
- ♣ Ahlgren G., W. Goedkoop, H. Markensten, L. Sonesten & M. Boberg. 1997. Seasonal variations in food quality for pelagic and benthic invertebrates in Lake Erken- the role of fatty acids. Freshwater Biology. 38: 555-570.
- ♣ Allan D. J. 1976. Life history patterns in zooplankton. The American Naturalist. 110: 165-180.
- ♣ Alva M. A. F., S. S. S. Sarma, & S. Nandini. 2001. Comparative population dynamics of three species of Cladocera in relation to different levels of *Chlorella vulgaris* and *Microcystis aeruginosa*. Crustaceana. 74:749-764.
- ♣ Anónimo. 1985. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to freshwater and marine organisms. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/485/013. 216 pp.
- ♣ Arévalo S. A. R., S. S. S. Sarma & S. Nandini. 1998. Population dynamics of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera: Brachionidae) in waste water from food-processing industry in Mexico. Revista de Biología Tropical. 43: 595-600.
- ♣ Arima K., W.J. Nickerson, M. Pyre, H. Schanderl, A. S. Schultuz, A. C. Thagsen & R. S. W. Thorne. 1957. Yeasts. Publis hers the Hague. Netherlands. 246 pp.
- ♣ Arndt H. 1993. Rotifers as predators on components of the microbial web (bacterial, heterotrophic flagellates, ciliates) – a review. Hydrobiologia. 255/256: 231-246.
- ♣ Bandu A. P., M. Boersma & J. Vijverberg. 1997. The effect of temperature, and food quantity and quality on the growth and development rates in laboratory-cultured copepods and cladocerans from a Sri Lankan reservoir. Hydrobiologia. 350: 131-144.

- ♣ Barnabé G. 1991-a. Acuicultura. Ediciones Omega. Barcelona. 478 pp.
- ♣ Barnabé G. 1991-b. Acuicultura. Ediciones Omega. Barcelona. 1099 pp.
- ♣ Brown R. M., Barrett M. S., Volkman K. J., Nearhos P. S., Nell A. J. y Allan L. G. 1996. Biochemical composition of new yeast and bacteria evaluated as food for bivalve aquaculture. Aquaculture. 143: 341-360.
- ♣ Boersma M. & J. Vijverberg. 1995. Synergistic effects of different food species on life-history traits of *Daphnia galeata*. Hydrobiologia. 307: 109-115.
- ♣ Borowitzka M. A. & L. J. Borowitzka. 1998. Micro-alga biotechnology. Cambridge. University Press: London, England. 480 pp.
- ♣ Chengalath R. 1987. The distribution of chydorid Cladocera in Canada. Hydrobiologia. 145: 151-157.
- ♣ Ciros P. J. & G. M. Elías. 1996. Nuevos registros de cladóceros (Crustácea: Anomopoda) en México. Revista de Biología Tropical. 44: 297-304.
- ♣ Ciros P. J. & G. M. Elías. 1997. *Macrothrix smirnovi*, a new species (Crustacea, Anomopoda: Macrothricidae) from Mexico, a member of the *M. tricerialis*-group. Proceedings of the biological society of Washington. 110: 115-127.
- ♣ Ciros P. J., B. M. Silva & G. M. Elías. 1996. A new species of *Macrothrix* (Anomopoda: Macrothricidae) from Central México. Hydrobiologia. 319: 159-166.
- ♣ Cook A. H. 1958. The chemistry and biology of yeasts. Academic press. New York. 763 pp.
- ♣ Cottenie, K., N. Nuytten, E. Michels & L. De Meester. 2001. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds. Hydrobiologia. 442: 339-350.
- ♣ Dobberfuhl R. D. & J. J. Elser. 1999. Use of algae as a food source for zooplankton growth and nutrient release experiments. Journal of Plankton Research. 21: 957-970.

- ♣ Dodson S. I. & D. G. Frey. 1991. Cladocera and other branchiopoda in ecology and classification of North American Freshwater invertebrates. Edited by Thorp J. H. and Covich A. P. Academy Press, Inc. San Diego. 786 pp.
- ♣ Dodson S. I. & B. M. Silva. 1996. Crustacean zooplankton species richness and associations in reservoirs and ponds of Aguascalientes State, México. Hydrobiologia. 325: 163-172.
- ♣ Dole O. M. J., D. M. P. Galassi, P. Marmonier & C. M. Des Chatelliers. 2000. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. Freshwater Biology. 44: 63-91.
- ♣ Duggan C. I., 2001. The ecology of periphytic rotifers. Hydrobiologia. 446/447: 139-148.
- ♣ Duggan C. I., D. J. Green, K. Thompson & J. R. Shiel. 1998. Rotifers in relation to littoral ecotone structure in Lake Rotomanuka, North Island, New Zealand. Hydrobiologia. 387/388: 179-197.
- ♣ Duncan A. 1989. Food limitation and body size in the life cycles of planktonic rotifers and cladocerans. Hydrobiologia. 186/187: 11-28.
- ♣ Dvorak J. & H. E. P. Best. 1982. Macro-invertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Vechten: structural and functional relationships. Hydrobiologia. 95:115-126.
- ♣ Elías G. M., P. J. Ciro, A. M. Gutiérrez & M. A. Cervantes. 1997. A checklist of the littoral cladocerans from Mexico, with descriptions of five taxa recently recorded from the Neovolcanic Province. Hydrobiologia. 360: 63-73.
- ♣ Elías G. M., N. N. Smirnov, M. E. Suárez & F. N. Dimas. 2001. New and little known cladocerans (Crustacea: Anomopoda) from southeastern Mexico. Hydrobiologia. 442: 41-54.
- ♣ Eyto E. & K. Irvine. 2001. The response of three chydorid species to temperature, pH, and food. Hydrobiologia. 459: 165-172.
- ♣ Fernández A. M. A. 2001. Crecimiento de crías de peces utilizando alimento vivo. Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. pp. 58.

- ♣ Fernández R. M. J. & U. Labarta, 1996. Lipid classes and fatty acid composition of rotifers (*Brachionus plicatilis*) fed two algal diets. Hydrobiologia. 330:73-79.
- ♣ Frey G. D., 1988. Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology. Journal of Paleolimnology, 1: 179-191.
- ♣ Frey G. D. 1995. Changing attitudes toward chydorid anomopods since 1769. Hydrobiologia. 307: 43-55.
- ♣ Gliwicz M. Z. 1990. Food thresholds and body size in cladocerans. Nature. 343: 638-640.
- ♣ Gulati D.R., M. Bronkhorst & D. E. Van 2001. Feeding in *Daphnia galeata* on *Oscillatoria limnetica* and on detritus derived from it. Journal of Plankton Research. 23: 705-718.
- ♣ Gulati D.R. & R W. Demott, 1997. The role of food quality for zooplankton: remarks on the state-of-the-art, perspectives and priorities. Freshwater Biology. 38: 753-768.
- ♣ Hann J. B. & L. Zrum. 1997. Littoral microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a prairie coastal wetland: seasonal abundance and community structure. Hydrobiologia. 357:37-52.
- ♣ Havens E. K. 1991. Summer zooplankton dynamics in the limnetic and littoral zones of a humic acid lake. Hydrobiologia. 215: 21-29.
- ♣ Hirayama K., I. Maruyama & T. Maeda. 1989. Nutritional effect of freshwater *Chlorella* on growth of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Hydrobiologia.186/187: 39-42.
- ♣ Hofmann W. & G. M. Höfle. 1993. Rotifer population dynamics in response to increased bacterial biomass and nutrients: a mesocosm experiment. Hydrobiologia. 255/256: 171-175.
- ♣ Hutchinson G. E. 1967. A Treatise on Limnology. Department of Biology Yale University. John Wiley and Sons. 1115 pp.
- ♣ James. R. M., I. Hawes, M. Weatherhead, C. Stanger & M. Gibbs. 2000. Carbon flow in the littoral food web of an oligotrophic lake. Hydrobiologia. 441: 93-106.
- ♣ Keen R. 1976. Population dynamics of the chydorid cladocera of a Southern Michigan Mar Lake. Hydrobiologia. 48: 269-276.

- ♣ Korstad J., Y. Olsen & O. Vadstein., 1989. Life history characteristics of *Brachionus plicatilis* (rotifera) fed different algae. Hydrobiologia.186/187: 43-50.
- ♣ Krebs J. K., 1985. Ecología: Estudio de la Distribución y la abundancia. Ed. Harla. México. 753 pp.
- ♣ Lampert W. & U. Sommer.1997. Limnoecology: The Ecology of lakes and Streams. Oxford University Press. Printed in the United States of America. 382 pp.
- ♣ Lienesch W. P. & J. W. Matthews. 2000. Daily fish and zooplankton abundances in the littoral zone of Lake Texoma, Oklahoma-Texas, in relation to abiotic variables. Environmental Biology of Fishes. 59: 271-283.
- ♣ Lubzens E., A. Tandler, G. Minkoft. 1989. Rotifers as food in aquaculture. Hydrobiologia. 186/187:387-400.
- ♣ Margalef R.1983. Limnología. Omega. España. 1010 pp.
- ♣ Martínez J. F. 2001. Producción de alimento vivo para el cultivo de peces e invertebrados acuáticos. Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. pp. 58.
- ♣ Mezquita F. & R. M. Miracle. 1997. Chydorid assemblages in the sedimentary sequence of Lake La Cruz (Spain) subject to water level changes. Hydrobiologia. 360: 277-285.
- ♣ Michels E. & L. De Meester. 1998. The influence of food quality on the phototactic behaviour of *Daphnia magna* Stratus. Hydrobiologia. 379: 199-206.
- ♣ Muro C. G. & S. Nandini. 2001. Comparative life table demography and population growth of *Alona rectangula* and *Macrothrix triserialis* (Cladocera: Crustacea) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. Journal of Freshwater Ecology. 17:1-11

- ♣ Nandini S. 2000. Responses of rotifers and cladocerans to *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae): A demographic study. Aquatic Ecology. 34: 227-242.
- ♣ Nandini S. 2001, El cultivo del zooplancton de agua dulce, para uso como alimento vivo. Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. pp. 58.
- ♣ Nandini S. & R. T. Rao. 1998. Somatic and population growth in selected cladoceran and rotifer species offered the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* as food. Aquatic Ecology. 31: 283-298.
- ♣ Nandini S. & S. S. S. Sarma. 2000. Lifetable demography of four cladoceran species in relation to algal food (*Chlorella Vulgaris*) density. Hydrobiologia. 435: 177-126.
- ♣ Negrea S., N. Botnariuc & H. J. Dumont. 1999. Phylogeny, evolution and classification of the Branchiopoda (Crustacea). Hydrobiologia. 412: 191-212.
- ♣ Nogrady T., L. R. Wallace & W. T. Snell. 1993. Rotifera: Biology, Ecology and Systematics. SPB Academic Publishing. 137 pp.
- ♣ Ooms W. A. L. 1997. Are bacteria an important food source for rotifers in eutrophic lakes?. Journal of Plankton Research. 19: 1125-1141.
- ♣ Paterson M. 1993. The distribution of microcrustacea in the littoral zone a freshwater lake. Hydrobiologia. 263: 173-183.
- ♣ Pavón M. E. L. 2000. Efecto de *Chlorella vulgaris* viva y muerta sobre el crecimiento poblacional de *Brachionus calyciflorus* Pallas y *Brachionus patulus* (Müller) (Rotifera: Brachionidae) en laboratorio. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM. 45 pp.
- ♣ Pavón M. E. L. 2001. Cultivo de *Brachionus calyciflorus* Müller (Rotifera) para alimento de crías del pez cebra (*Brachidanio rerio*). Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. pp. 58.
- ♣ Pejler B. & B. Berzins. 1989. On choice of substrate and habitat in brachionid rotifers. Hydrobiologia. 186/187:137-144.
- ♣ Pennak R. W. 1953. Fresh-water invertebrates of the united states. Ronald press. New York. 769 pp.

- ♣ Pennak R. W. 1989. Fresh Water invetebrates of the United States. Protozoa to mollusca. John Wiley and Sons. Inc. New York. Third edition. 628 pp.
- ♣ Pérez L. I. A. y M. R. Rico. 1998. Effect of temperature and food concentration in two species of littoral rotifers. Hydrobiologia. 387/388: 341-348.
- ♣ Peters R. H., & R. De Bernardi. 1987. *Daphnia*. Memorie dell Istituto Italiano di Idrobiologia. 45: 144-495.
- ♣ Ramírez B. P. 2000. Aves de humedales en zonas urbanas de nordeste de la ciudad de México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias UNAM. 180 pp.
- ♣ Rodríguez C., J. A. Pérez, M. S. Izquierdo, J. R. Cejas, A. Bolanos & A. Lorenzo. 1996. Improvement of the nutritional value of rotifers by varying the type and concentration of oil and the enrichment period. Aquaculture. 147: 93-105.
- ♣ Ruppert E. E. y R. D. Barnes. 1996. Zoología de los invertebrados. McGraw-Hill. Interamericana. México. 854 pp.
- ♣ Sarma S. S. S. 1987. Experimental studies the ecology of *Brachionus patulus* (Müller) (Rotifera) in relationto food, temperature and predation. Ph. D. Dissertation.University of Delhi. 243 pp.
- ♣ Sarma S. S. S. 1996. Rotifer culture systems. In: International workshop on rotifer culture systems. UNAM. ENEP Iztacala, México. 56 pp.
- ♣ Sarma S.S. S. 1999. Checklist of Rotifers (Rotifera) from México. Environmnet and Ecology. 17:978-983.
- ♣ Sarma S. S. S. 2001. El papel del zooplancton en la producción de peces de ornato y comestibles. Memorias del 5º encuentro Nacional de acuariofilia y acuicultura de ornato. 58 pp.
- ♣ Sarma S. S. S. & G. M. Elías. 1998. Rotifer diversity in central Mexican pond. Hydrobiologia. 387/388: 47-54.
- ♣ Sarma S. S. S. & G. M. Elías. 1999. Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of Central Mexico. Limnologica. 29: 475-483.

- ♣ Sarma S. S. S., G. M. Elías & S. C. Serranía. 1996. Rotifers from high altitude crater- lakes at Nevado de Toluca Volcano, México. Hydrobiologia. 6: 33-38.
- ♣ Sarma S. S. S., J. P. S. Larios & S. Nandini. 2001-a. Effect of three food types on the population growth of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera: Brachionidae). Revista de Biología Tropical. 49: 75-82.
- ♣ Sarma S. S. S., J. S. P. Larios & S. Nandini. 2001-b. Population growth of *Asplanchna sieboldi* fed two *Brachionus* spp. (Rotifera) raised on green algal and baker's yeast. Hydrobiologia.00: 1-7.
- ♣ Sarmaja K. K. 2001. Correlation of fluctuations in cladoceran planktonic: littoral ratio between three cores from a small lake in southern Finland: Holocene water-level changes. The Holocene. 11: 53-63.
- ♣ Saunders D. A. 1998. Differences in rotifer populations of the littoral and sub-littoral pools of large marine lagoon. Hydrobiologia. 387/388: 225-230.
- ♣ Schell M. J., F. C. J. Santos, P. E. Allen, B. M. Hunker, S. Kloehn, A. Michelson R. A. Lillie & S. I. Dodson. 2001. Physical-chemical influences on vernal zooplankton community structure in small lakes and wetlands of Wisconsin, U. S. A. Hydrobiologia. 445: 37-50.
- ♣ Shiel J. R., D. J. Green & D. L. Nielsen. 1998. Floodplain biodiversity: why are there so many species?. Hydrobiologia. 387/388: 39-46.
- ♣ Smirnov N. N.1974. Fauna of the U.S.S.R. Crustacea. Keter Publishing House. Jerusalem. 390 pp.
- ♣ Smirnov N. N. 1992. The Macrothricidae of the world. SPB Academic Publishing bv. The Hage, Nether-lands. 141 pp.
- ♣ Sollberger J. P. & J. L. Paulson. 1992. Littoral and limnetic zooplankton communities in Lake Mead, Nevada-Arizona, U.S.A. Hydrobiologia. 237:175-184.
- ♣ Sokal R. R. y F. J. Rohlf. 1979. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones. Madrid. 832 pp.



- ♣ Stemberger S. R. & J. J. Gilbert. 1985. Body size, food concentration, and population growth in planktonic rotifers. Ecology. 66: 1151-1159.
- ♣ Stutzman P. 1995. Food quality of gelatinous colonial chlorophytes to the freshwater zooplankters. *Daphnia pulex* y *Diatomus oregonensis*. Freshwater Ecology. 34:149-153.

IZT.

- ♣ Torrentera B. L. 1983. Cultivo semicontinuo de *Chlorella Saccharophila* (Krüger). Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala. UNA M. 68 pp.
- ♣ Tremel B., E. S. Frey, D. N. Yan & Somers. M. K., 2000. Habitat specificity of littoral Chydoridae (Crustacea, Branchiopoda, Anomopoda) in Plastic Lake, Ontario, Canadá. Hydrobiologia. 432: 195-205.
- ♣ Turner N. P. & H. L. Taylor. 1998. Rotifers new to Florida, U.S.A. Hydrobiologia. 378/388: 55-62.
- ♣ Vega Q. S. S. 1996. Caracterización y análisis bromatológico de una cepa monoalgal: *Chlorella vulgaris* Beijerinck colectada de la atmósfera con posible uso en acuicultura. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala UNAM. 44 pp.
- ♣ Vilaclara G. & P. V. Sládeček 1989. Mexican rotifers as indicators of water quality with description of *Collotheca riverai*, n. sp. Archiv Hydrobiologia. 113: 252-263.
- ♣ Wehr D. J., A. D. Holen, M. M. MacDonal & P. S. Lonergan. 1998. Effects of different organic carbon sources on a freshwater plancton community. Canada Journal Fish Aquatic. 55: 2150-2160.
- ♣ Wetzel R. G. 1981. Limnología. Omega. Madrid. España. 379 pp.
- ♣ Whiteside C. M., B. J. Williams y P. C. White. 1978. Seasonal abundance and pattern of chydorid, cladocera in mud and vegetative habitat's. Ecology. 59: 1177-1188.
- ♣ Williams B. J. 1982. Temporal and spatial patters of abundance of the Chydoridae (cladocera) in Lake Itasca, Minnesota. Ecology. 63: 345-353.

